ESEARCH LIBRARIES
3 08755291 9

Digitized by Google

by Google

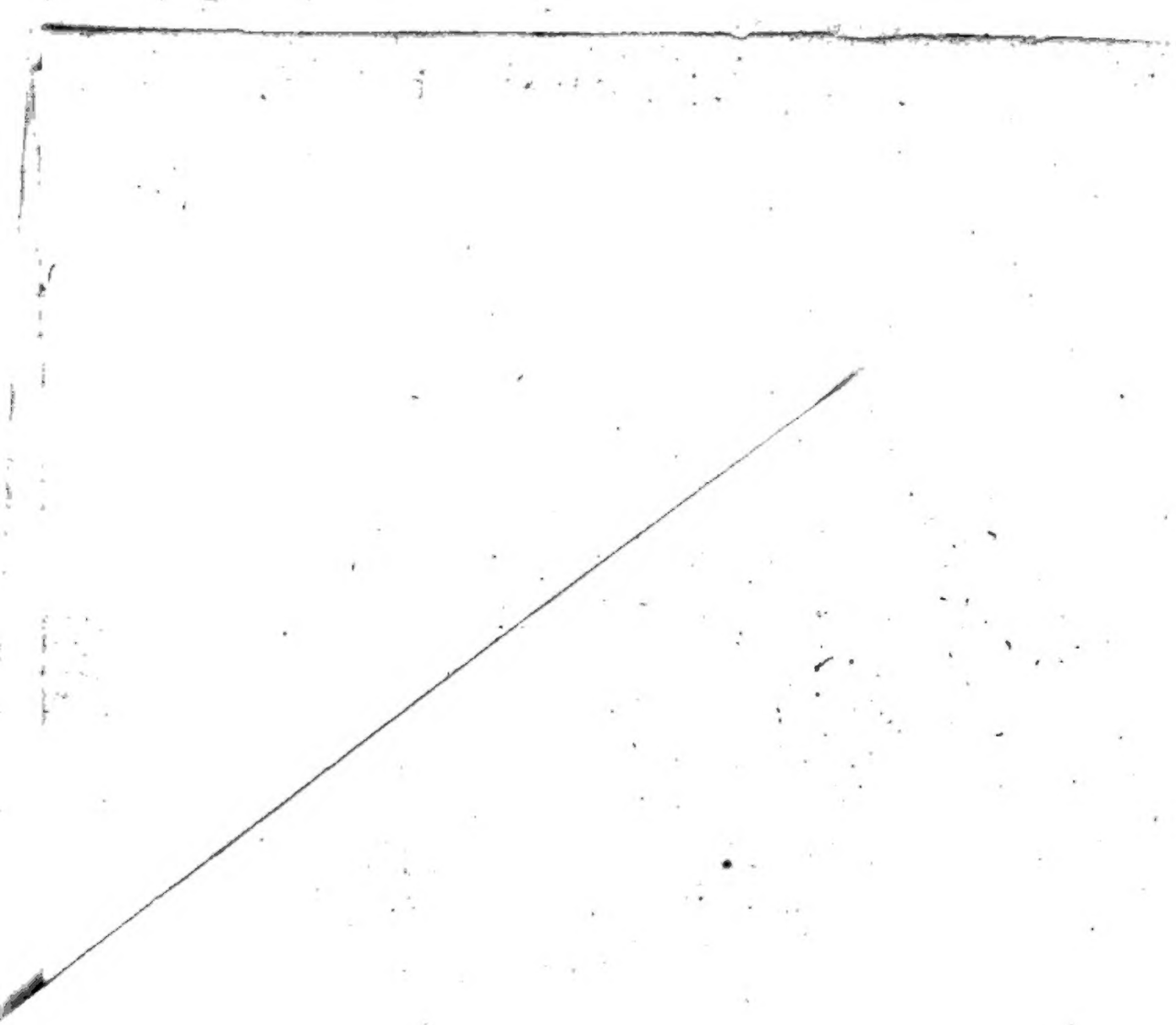
Digitized by Google

Digitized by Google

1901

★ G. E. Steehert & Co.

Digitized by Google



Digitized by Google

Gemeinfaßliche

durchaus auf Erfahrung gegründete

Anleitung

zum

Straßen- und Brückenbau

nebst einem Anhange

über die Gautheysche Brückenbaukunde.

Von

Karl Christian Langsdorf,

Dr. der Philosophie, Großherzoglich Badischem Geheimen Hofrathe und ordentlichem Lehrer der Mathematik zu Heidelberg; Professor Honorarius der Russisch-kaiserlichen Universität zu Wilna; und der gelehrten Societäten zu Göttingen, zu Erfurt, zu Lausaune, zu Harlem; der Kaiserl. Leopold. Akademie der Naturforscher, der Akademie zu München u. a. Mitgliede.

8°

Mit XXII. Kupfertafeln.

Mannheim und Heidelberg,

in der Schwan- und Götzischen Buchhandlung

1817.

Digitized by Google

3563/07

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
400838
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
1907

Digitized by Google

Sr. Königlichen Hoheit

dem Allerdurchlauchtigsten, gnädigsten

Fürsten und Herrn

K a r l

Großherzoge zu Baden, Herzoge zu Zähringen,

Landgrafen zu Nellenburg, Grafen zu

Hanau ꝛc. ꝛc. ꝛc.

Dem erhabenen Beschützer der

Künste und Wissenschaften.

Digitized by Google

Digitized by Google

Allerdurchlauchtigster Großherzog
Gnädigster Fürst und Herr,

Eurer Königlichen Hoheit wage ich es, in unterthänigster Ueberreichung einer für das Zeitbedürfniß berechneten Schrift Rechenschaft von dem Eifer abzulegen, mit dem ich die Pflichten meines Berufs zu erfüllen strebe, und wie ich insbesondere wissenschaftliche Lehren, die sich nur zu oft in nutzlose Spekulationen verliehren, auf Gegenstände, die für das bürgerliche Leben überhaupt, insbesondere aber auch für die Badischen Lande von Wichtigkeit sind, anzuwenden bemüht bin.

Möge die Vorsehung den Regent eines glücklichen Staats, dem auch ich zugehöre,

bis in das späteste Alter seegnen, und Ihn beim Zwecke, Sein Volk zu beglücken, mit göttlicher Kraft leiten und unterstützen, und für die getreue Erfüllung so schwerer Regentenpflichten durch Dank und Liebe Seines Volkes belohnen!

In allertiefster Ehrfurcht

Eurer Königlichen Hoheit

Heidelberg am 30 Mai 1817.

unterthänigsttreuester
Karl Christian Langsdorf.

Vorerinnerung.

Schon vor 17 Jahren wurde ich, noch als Lehrer der Mathematik und Technologie zu Erlangen, von dortigen Studirenden um Unterricht im Straßen- und Brückenbau ersucht, und eben hierdurch veranlaßt, meine wenigen Kenntnisse in diesem Fache mehr zu erweitern und sorgfältiger als vorher nachzuforschen, wieweit man in diesem Theile der Technologie bis zu der Zeit eigentlich vorgerückt war. Zur Besichtigung wirklicher Anlagen hatten mir schon vorher kleinere und grössere Reisen in- und ausserhalb Teutschland Gelegenheit gegeben, wie ich dann auch späterhin die neuesten Anlagen der Art selbst in Augenschein zu nehmen Gelegenheit fand. Mein Hauptaugenmerk war daher damals darauf gerichtet, die mathematischen und physikalischen Prinzipien aufzusuchen, welche man bis dahin bey dergleichen Bauten zum Grund gelegt hatte. Es fehlte schon damals nicht, wie sehr bekannt ist, an trefflichen Mustern von wohlgebauten Kunststraßen, und so auch nicht an Schrift-

stellern, welche, mit diesem Gegenstande hinlänglich bekannt, ihre Verfahrungsart und eigene Maximen, in Bezug auf Anlegung der Kunststraßen, dem Publikum mitgetheilt hatten, so daß es leicht war, das Wenige, was ich in Bezug auf allgemeine Prinzipien etwa noch vermißte, hinzuzufügen, und das bereits Vorliegende auf solche Weise in Hinsicht auf Straßenbau, insofern man solchen vom Brückenbau absondert, zu ergänzen. In der Hauptsache war späteren Schriftstellern, unter welchen Wiebeking, Schemerl und ganz vorzüglich Wesermann genennt zu werden verdienen, zur grösseren Vervollkommnung wenig übrig gelassen worden. Denn Mehrheit und Schönheit von beigefügten Zeichnungen, welche nur zu oft täuschen und den Preis der Schriften, der mit ihrem Werthe durchaus in gar keiner Verbindung steht, oft ohne Noth vergrössern, haben auf Vervollkommnung der Kenntnisse und des Gegenstandes selbst weiter keinen Bezug.

Ich muß daher bekennen, daß ich auch aus späteren Schriften nichts bedeutendes für meinen akademischen Unterricht ersprießliches schöpfen konnte, wohl aber manches darin wieder fand, was ich schon in den ersten Jahren jenes Unterrichts meinen Zuhörern als Ergänzung zu damals vor-

handenen Schriften mitgetheilt hatte. Seit jener Zeit blieb Straßen = und Brückenbau ein Gegenstand meiner akademischen Vorlesungen. Da ersterer auf sehr einfachen Gründen und nur leichten Operationen beruht, so habe ich weitläuftigen Vortrag darüber sorgfältig vermieden, keineswegs aber, aus Liebe zur Kürze, meines Wissens irgend etwas wissenswürdiges übergangen. Die Forderungen der Schriftsteller, in Bezug auf das Steigen und Fallen der Straßen, schienen mir nie als Postulate gelten zu können, daher man sie hier auch nicht in dieser Form hingestellt findet. Auch als Erfahrungen können sie nicht zum Grunde gelegt werden, weil wir nicht erfahren können, nach welchem Gesetze das Streben zum Abgleiten auf einer schiefen Ebene sich ändert. Nur wo wir keine erwiesene allgemeine Naturgesetze vor uns haben, können wir Beobachtungen zu Hülfe nehmen, und wo wir zu solchen unsere Zuflucht zu nehmen genöthigt sind, müssen wir in unseren Schlüssen die größte Vorsicht gebrauchen. Eine zusammengesetzte Wirkung, aus zusammentretenden verschiedenen wirkenden Ursachen, können wir eigentlich nie als Resultat einer Beobachtung oder als Resultat der Erfahrung annehmen. Wohl aber können wir zuweilen genöthigt werden, für die

Aenderung der Wirkung, welche mit der Aenderung irgend einer wirkenden Ursache zusammenhängt, eine Hypotheſe anzunehmen, und zur Rechtfertigung dieſer Hypotheſe übereinſtimmende Beobachtungen zu gebrauchen, zumal wenn die Hypotheſe ſonſt analogiſch iſt. Ebendieſes iſt dann auch der Fall bey der Frage über das Steigen und Fallen der Straßen, wo ich Theorie mit der Erfahrung zu verbinden geſucht habe, um zu allgemeinen Beſtimmungen zu gelangen. Die Kenntniß der verſchiedenen Nivellirungsmethoden kann von Jedem gefordert werden, der auf die Anſtellung als Straßenbaumeiſter Anſpruch machen will, noch mehr aber von einem Brückenbaumeiſter, daher ich beſonders in Bezug auf Fragen, die beim Brückenbau vorkommen können, dieſe Lehre hier mit vorgetragen habe.

Wer übrigens dieſe Anleitung zum Straßenbau mit den angeführten Schriften von Wiebeking, Schemerl und Weſermann vergleicht, wird bald bemerken, daß ich vieles ganz übergangen habe, was in dieſen Werken ſehr ausführlich abgehandelt wird. Dieſes iſt in den Gränzen gegründet, die ich dieſer Anleitung vorzeichnen mußte, da ich vorzüglich den Zweck vor Augen hatte, dem Mangel einer Anleitung zur Brückenbaukunde, die ſich auch

der weniger Vermögende anschaffen könnte, abzuhelfen. Daher mußte ich alles beseitigen, was der Ingenieur bey Erbauung einer Straße ignoriren kann, ohne der Vollkommenheit und Zweckmäßigkeit derselben zu schaden oder Abbruch zu thun. Wie ich Arithmetik und Geometrie, überhaupt allgemeine mathematische Grundkenntnisse voraussetzen konnte, so mußte ich auch gewisse physikalische und technische Kenntnisse hier voraussetzen. Alles Finanzielle und Polizeyliche, und damit zusammenhängende Kenntnisse in Bezug auf allgemeine Staatsverwaltung mußte ich hier, als nicht zur Technik des Straßenbaus gehörig, nothwendig übergehen. Ich durfte nur immer das Verhalten des Ingenieurs vor Augen haben, der das Uebrige anderen Staatsbehörden zu überlassen hat. Und selbst in Bezug auf diesen, mußte ich mich so kurz fassen, als es ohne Nachtheil der Deutlichkeit geschehen konnte. Nur durch Beiziehung aller dergleichen Gegenstände, welche nicht blos mit der Technik des Straßenbaues, sondern auch mit den vorhandenen Straßen selbst in Verbindung stehen, und zum Theil durch wortreichen Vortrag wurde Schmerls Anleitung ein Werk von 3 starken Bänden, ohne dabey näheren Unterricht im Brückenbau zu ertheilen, um den es im Gegentheil

in gegenwärtiger Schrift ganz vorzüglich zu thun ist. Uebrigens muß ich ins besondere Wesermanns Taschenbuch Jedem, dem es um Ingenieurkenntnisse ein Ernst ist, nachdrücklich empfehlen; denn daß ich durchaus nicht die Absicht haben konnte, diese reichhaltige Schrift entbehrlich machen zu wollen, wird Jeder bey der Vergleichung derselben mit der meinigen bald inne werden.

Eigentlich ist der Straßenbau so weit umfassend, daß er, im weiteren Sinne genommen, den Brückenbau mit in sich schließt, da dieser die Fortsetzung einer Straße über eine Vertiefung fordert. Wer daher des Brückenbaues unkundig ist, kann auf den Namen eines Straßenbaumeisters so wenig Anspruch machen, als Jemand auf den Namen eines Geometers, wenn er die Stereometrie nicht studirt hätte. Im engeren Sinne des Worts unterscheidet man aber, wie ich auch hier gethan habe, den Brückenbau vom Straßenbau. Indessen habe ich beide, als ihrer Natur nach unzertrennlich, auch seit 17 Jahren in meinen akademischen Vorlesungen immer mit einander verbunden. Hierbey fand ich mich aber beim Anfange jenes Unterrichts in Bezug auf Brückenbau in weit grösserer Verlegenheit als in Bezug auf den Straßenbau, im engeren Sinne des Worts.

Brücken sprechen die Prinzipien, nach welchen sie gebaut sind, weit weniger und bey weitem unkenntlicher und unverständlicher aus, als andere Straßen, weil ihre Vollkommenheit auf ganz anderen und vielfach zusammenlaufenden Bestimmungsstücken beruht, deren Einfluß auf das Ganze sich nicht im Einzelnen ausspricht und selbst dem scharfsichtigsten Beobachter entgehen muß, wenn er nicht aus einer grossen Mannigfaltigkeit solcher Anlagen, durch mathematische und physikalische Kenntnisse geleitet, die dabey mehr oder minder in Betrachtung kommenden, theils sich gegenseitig unterstützenden theils sich unter einander zerstöhrenden Kräfte aufzusuchen, sie einzeln richtig zu schätzen, und nun mit ihren einzelnen Wirkungen im Systeme der ganzen Maschine wieder zu finden weiß. Aber ich lernte die großen Schwierigkeiten, die solchen Forschungen im Wege stehen, sehr bald kennen. Mit dem Forschen selbst schienen sich die Schwierigkeiten vielmehr zu häufen, und die Mittel zu ihrer Beseitigung zu mindern. Auch was Schriftsteller bis dahin hierüber gesagt und geleistet hatten, fand ich weit unter dem, was den Unterricht im Straßenbau betraff. Ich fand es sogar schon schwierig, die wissenschaftliche Gränze auszuspähen, bis zu welcher die Brückenbaukunde vorgeschritten wäre.

Ich fand sie in dieser Hinsicht überhaupt noch von keinem Schriftsteller bearbeitet. Reine mathematische Theorieen sind in anderer Hinsicht d. h. in Hinsicht auf die dabey zum Grunde liegenden fingirten Voraussetzungen oft so unrein, daß sie für die Ausübung allen Werth verliehren, indem sie gerade die schwierigste Frage dem Pratiker wieder zurückgeben: warum, worin und um wieviel das Resultat der Erfahrung von dem der Theorie abweiche? Ich fand nur willkührliche Vorschriften, wenigstens so geformt und hingestellt als ob sie auf Willkühr beruhten, und Maximen ohne hinlängliche Begründung, wenigstens ohne diese Begründung zu zeigen. So lernte ich damals die Schwierigkeit eines akademischen Vortrags, wozu ich mich nun einmal anheischig gemacht hatte, mit ängstlicher Verlegenheit kennen. Aber um so mehr war ich bemüht, meine eigenen Kenntnisse zu erweitern, vorhandene Beobachtungen zu Gränzbestimmnngen zu benutzen und hiermit allzuschwankenden Bestimmungen auszuweichen, auch ganz offene Lücken, soweit ich es vermogte, auszufüllen. Denn überhaupt nur feste Brücken, zugleich mit Beobachtung der allgemeinen Regeln der Straßenbaukunde herzustellen, hielt ich schon damals nicht mehr für das eigentliche Problem der Brücken-

baukunde — das verstanden auch damals schon viele gemeine Zimmerleuthe und Maurer ganz gut — sondern solches ohne irgendwelche nachtheilige Folgen mit dem kleinstmöglichen Materialaufwand und größtmöglicher Kostenersparung zu bewerkstelligen. Das zum Unterricht zuerst von mir entworfene System war äusserst unvollkommen. So einfach und offen in manchem Punkte der Gesichtspunkt vor mir lag, aus dem ich den Gegenstand betrachten mußte, so sehr verfehlte ich ihn dennoch und gerieth in Verwickelungen. So hatte ich von Semester zu Semester auszubessern. Unterdessen wurden unsere Erfahrungskenntnisse durch mannigfaltige neue Versuche und Beobachtungen, besonders in Bezug auf Festigkeit und Beugsamkeit, wie uns solche vorzüglich von Wiebeking und Eytelwein mitgetheilt worden sind, ansehnlich bereichert. Die von Fuchs angegebene Art, mit hölzernen Bögen zu bauen, wurde von Wiebeking theils abgeändert, theils erweitert, und durch vielfache Anwendungen zugleich neue Erfahrungen in Bezug auf die Tragkraft solcher Brücken gesammelt. Gros dehnte den Gebrauch der Spreng- und Hängewerke bis zu einer Weite von 330 rhl. Fußen aus. Funk machte einen Versuch mit Bohlenbogenbrücken, und beschrieb solche in

einer eigenen Abhandlung. So wurde ich nach und nach zu neuen Zusätzen, Abänderungen, Verbesserungen und neuen Untersuchungen veranlaßt. An einer systematischen Anleitung zur Brückenbaukunst fehlte es aber noch bis zu Ende des vorigen Jahres (1814), da der dritte Band von Wiebekings Theoretisch-praktischer Wasserbaukunst erschien, welcher größtentheils der Brückenbaukunde gewidmet ist. Ein paar Jahre früher machte Späth seine Statik der Bogenbrücken bekannt, welche als ein Beitrag zu den Bemühungen, die Brückenbaukunde auf reine Theorie zu gründen, genannt und Anfängern, welche sich in mannigfaltigen Anwendungen statischer Gesetze üben wollen, empfohlen zu werden verdient, von mir aber, bey so sehr abweichenden Ansichten, nicht benutzt werden konnte. Wiebekings angeführte Brückenbaukunde ist dagegen für den Brückenbau selbst und für Alle, die sich mit demselben beschäftigen, ein höchst wichtiges Werk. Es ist reich an gesammelten Erfahrungen, Beobachtungen und eigenen Versuchen des Verfassers, reich an eigenthümlichen Ideen, und reich an Mitteln zu mannigfaltigen Zwecken. An Bogenzahl, Mannigfaltigkeit und Menge der Kupfer steht ihm die gegenwärtige Anleitung weit nach.

Dennoch halte ich mich überzeugt, daß diese neben dem Wiebekingschen Werk sehr gut bestehen könne. Ich werde mich hierüber in der Kürze rechtfertigen.

Meine Anleitung lag schon ganz zum Drucke fertig, als der letzte Band von der Wiebekingschen Wasserbaukunde erschien; da aber der Verfasser schon in seinen früheren Werken, besonders in seinen Beiträgen zur Brückenbaukunst, welche die Beschreibung seiner hölzernen Bogenbrücken enthalten, einen großen Theil seiner Versuche und Erfahrungen mitgetheilt hatte, so bedurfte es in meinem Manuscript nur weniger Einschaltungen, um alles zu benutzen, was der Verfasser für diesen Theil der hydraulischen Architektur in gedachtem dritten Bande der Wasserbaukunde noch besonders geleistet hat, oder mir wenigstens besonders bemerkenswerth schien. Wenn nun gleich dieses kaum einen halben Bogen betrug, so sah' ich mich doch hiermit veranlaßt, das ganze Manuscript nochmals ganz durchzugehen und umzuschreiben. Bey diesem mühsamen Geschäfte fand ich zugleich Gelegenheit, noch an einigen Stellen Verbesserungen vorzunehmen. Es war dieses eigentlich die vierte Umarbeitung meines Manuscripts. In vielen Punkten war ich mit W. übereinstimmend, in vielen wich ich von ihm ab. Seine und andere schon vorliegende Erfahrungen

benutzte ich größtentheils ganz anders als Er; und hierdurch, und durch die Art, wie ich aus solchen Erfahrungen zu allgemeinen Bestimmungen gelange, unterscheidet sich diese Anleitung wesentlich von der Wiebekingschen, die, statt das Allgemeine vorzulegen, eine grosse Menge von Brückenanlagen in Kupfertafeln darstellt, und es dem Leser überläßt, das Allgemeine vom Besonderen, das Wesentliche von Nichtwesentlichen und das Nothwendige vom Willkührlichen abzusondern. Wenigstens ist dieses häufig, und insbesondere bey den hölzernen Brücken der Fall. Eine einzige Zeichnung, wie die der Augsburger hölzernen Bogenbrücke, schien mir vollkommen hinlänglich, den Leser mit dem Allgemeinen der Bogenbrückenkonstruktion bekannt zu machen, da einzelne Modifikationen doch allemal dem Brückenbaumeister vorbehalten bleiben müssen. Noch weniger schien mir Mannigfaltigkeit von Darstellungen steinerner Brücken nöthig, da sie alle auf einerley Konstruktion beruhen. Ich hielt daher die einzige Zeichnung der Brücke von Neuilly um so mehr für zureichend, da doch wohl Niemand einen Brückenbau unternehmen wird, dem nicht auch schon steinerne Brücken von anderen Physiognomien vorgekommen wären. Desto sorgsamer war ich in der Ableitung allgemeiner Be-

stimmungen, die man in dem Wiebekingschen Werk theils gar nicht, theils nicht in der gehörigen Verbindung mit den darauf Einfluß habenden Bestimmungsstücken findet. Dieses schien mir für ein System der Brückenbaukunde ungleich wichtiger als Vielheit von Brückenzeichnungen, so sehr solche auch dem Wiebekingschen Werke zur Zierde gereichen. Was endlich die Bogenzahl betrifft, so ist solche in Bezug auf eigentliche Lehren vom Brückenbau in der That nur scheinbar grösser als bey mir. Ein grosser Theil des Textes enthält, in Bezug auf die grosse Menge von Zeichnungen, nur Beschreibungen von Brücken; ein anderer Theil enthält Beschreibungen von Versuchen, und einen bedeutenden Raum füllen acht Bögen einer theoretischen Abhandlung des geschickten bairischen Ingenieurs von Kammerloher aus, von der Wiebeking selbst in seinem ganzen Werk gar keinen Gebrauch gemacht hat. Nimmt man nun den Raum hinzu, welchen ich blos dadurch erspart habe, daß ich mich zur Ableitung von mehr als 100 allgemeinen Bestimmungen des kurzen Ausdrucks der Gleichungen bedient habe, so wird begreiflich, daß ich in Bezug auf eigentlichen Unterricht vom Brückenbau keineswegs in der Bogenzahl nachstehe, und daß ich, genau gerechnet, sogar mehr

Text liefere als Wiebeking. Nimmt man endlich noch hinzu, daß man, um die Wiebekingsche Brückenbaukunde zu besitzen, alle 4 Bände seiner Wasserbaukunst kaufen muß, welche beinahe 300 fl. kosten, so wird man die Aeusserung, daß die gegenwärtige Anleitung neben der Wiebekingschen ganz gut werde bestehen können, hinlänglich gerechtfertigt finden. In Ansehung der Kupfer ist noch die Erinnerung beizufügen, daß solche bey mehrmaliger Umarbeitung des Manuscripts gleichfalls mehrmalen von Neuem gezeichnet werden mußten, daß ich sie aber endlich so beibehalten habe, wie sie der dritten Ausarbeitung des Manuscripts zugehörten, welches ich bey der grossen Beschwerlichkeit, womit eine solche Arbeit verbunden ist, zu entschuldigen bitte. Diese Umänderungen hatten zur Folge, daß die Zeichnungen nicht alle nach der Ordnung der Nummern neben einander stehen. Deßhalb ist aber am Ende des Inhaltsverzeichnisses ein besonderer Anzeiger zur Zurechtweisung beigefügt worden. Wo übrigens bey der letzten Umarbeitung des Manuscripts einige Abänderungen in zugehörigen Zeichnungen nöthig gewesen wären, sind diese Abänderungen im Text so deutlich angegeben worden, daß darüber kein Zweifel entstehen kann. Auch in Bezug auf zusammengehörige Abmessungen, ist es in

den

den Zeichnungen selbst nicht allemal so genau genommen und überhaupt darum auch kein Maaßstab beigefügt worden, weil ich die Abmessungen überall, wo es nöthig war, im Text angegeben habe. Auch bey den besten Wiebekingschen Zeichnungen wäre es sehr mißlich, kleine Abmessungen nach beigesetztem Maaßstabe bestimmen zu wollen z. B. von Höhen der Balken, die man oft zu 12 oder 13″ finden würde, wo sie 14 — 15 — 16″ seyn soll.

Was übrigens den Titel einer gemeinfaßlichen Anleitung betrifft, so muß ich noch besonders bemerken, daß ich von Keinem gelesen werden mögte, der so trägen Herzens und so stumpfen Sinnes wäre, daß er bey dem Wunsche, den Straßen- und Brückenbau kennen zu lernen, nicht einmal sich hätte sagen lassen, oder nicht fünf Minuten darauf verwenden wollte, sich noch sagen zu lassen, wie unsere gemeinen Rechnungsoperationen durch Zeichen ausgedrückt werden. Mehr aber ist zum Verständnisse dieser Schrift nicht nöthig (eine algebraische Untersuchung in einer Note ausgenommen, die der Unkundige überschlagen kann). Denen es aber nicht der Mühe werth ist, nur fünf Minuten auf die Erlernung dieser Zeichensprache zu verwenden, denen sollte man von Staatswegen

die Weisung zugehen lassen, wohl Schweinställe, aber keine Straßen und Brücken zu bauen. Für solche Menschen ist dieses Buch nicht geschrieben. — Odi profanum vulgus et arceo!

Nacherinnerung.

Alles, das ganze Werkchen vom Straßen = und Brückenbau sammt der Vorerinnerung, war schon seit dem Sommer 1815 in den Händen des Herrn Verlegers; aber mancherley Umstände verschoben den Druck; und dieser Verschub hatte für mich, so unangenehm er mir auch war, doch den Vortheil, daß ich mich jetzt noch wegen eines Umstandes zu rechtfertigen vermag, welcher Manchem meiner Leser sehr befremdend hätte seyn müssen, nämlich allen, die früher als ich den Traité de la construction des ponts par M. Gauthey Tom. I. Paris 1809. T. II. 1813. (2 starke Quartbände) kennen gelernt haben. Da Gauthey mit mir ganz einerley Zweck hatte, und sein Werk bey weitem voluminöser scheint, als das meinige, so hätte es Besitzern desselben äusserst auffallend seyn müssen, weder den Namen noch das Werk dieses Baumeisters von mir genennt zu finden. Der sehr einfache Grund hiervon ist aber der, daß ich dieses Werk erst

im März dieses Jahres (1816) kennen lernte. Ich muß bemerken, daß der russische General und Chef des Geniekorps in Petersburg, Baron von Sievers, im Herbste des vor. J. bey seinem Rückgange von Paris, mich befragte, ob ich dieses Werk nicht kenne? Ich glaubte, er spräche von einem Werke des bekannten Gauthier, und erwiederte Ihm daher, daß dieses jetzt schon unter die älteren gehöre und von Neueren schon hinlänglich benutzt sey. Da es Herr v. Sievers dabey beließ, so wurde ich um so mehr darin bestärkt, daß Er wirklich von Gauthier gesprochen habe. Unterdessen kam jenes Werk von Gauthey meinem Herrn Verleger in die Hände, den es natürlich befremdete, desselben Namen in obiger Vorerinnerung gar nicht gefunden zu haben; er überschickte es mir daher sogleich, um vielleicht solches noch zu nützlichen Bemerkungen, Einschaltungen und Abänderungen benutzen zu können. Ich erhielt es von ihm im März d. J. (1816) Beim ersten Anblick des voluminösen Werks, bey Bemerkung so häufiger Kalkuls im Durchblättern desselben, und beim Anschauen der trefflichen mannigfaltigen Zeichnungen, war ich schon dem Entschlusse nahe, mein Manuscript wieder zurückzufordern, und dieses Werkchen, als zu unbedeutend neben jenem Werk, gar nicht im Druck erscheinen zu lassen. Auf meine

Anfrage bey der Redaktion der A. L. Z. zu Halle vernahm ich, daß noch keine Anzeige von diesem Werk erschienen sey, und daß man die auf diesen Fall von mir angebothene sehr ausführliche Anzeige mit Vergnügen aufnehmen werde. Ich hatte also jetzt doppelten Beruf, dieses Werk mit aller Aufmerksamkeit durchzugehen, und lieferte jene weitläuftige Anzeige, welche die Leser der A. L. Z. unterdessen gelesen haben werden. Das Studium dieses Werks hatte nicht den Erfolg, welchen ich vermuthete; ich wurde vielmehr zu dem Gedanken veranlaßt, daß meine Schrift aus mehrerei Gründen ganz wohl auch noch neben Gauthey bestehen könne. Sehr natürlich habe ich vieles mit ihm gemein, aber sehr viele Bestimmungen sind bey mir von ganz anderer Art als bey ihm; über vieles fehlt bey ihm Kalkul, den man bey mir findet; mehrere theoretische Berechnungen, die man bey ihm findet, sind von mir ganz übergangen worden. Besonders ist seine Behandlung der hölzernen Bogenbrücken äusserst oberflächlich. Ich war daher sehr bald darüber mit mir einig, meine Schrift ohne alle Abänderung dem Drucke zu überlassen, dagegen aber jene vollständige Anzeige des Gautheyschen Werkes am Ende meiner Schrift anzuhängen, welches mit ausdrücklicher Bewilligung

der Herrn Redakteurs der A. L. Z. in Halle geschehen ist. Diese Anzeige zieht nicht nur eine sehr genaue Parallele zwischen Gauthey und mir, sondern enthält auch, was etwa aus Gauthey's Werke meiner Schrift noch beigefügt werden könnte, und manche Bemerkungen, zu welchen mir das Studium dieses Werks Anlaß gegeben hat, dann aber auch noch Gründe gegen manche Angaben von Gauthey. Ich wollte hiermit das Gautheysche Werk, welches nach dem Ladenpreiß auf 44 fl. zu stehen kommt, denen, die meine Schrift besitzen, um so viel entbehrlicher machen, um auf solche Weise um so vollständiger den mir gleich anfänglich vorgesetzten Zweck zu erreichen, Liebhabern der Brückenbaukunst so wohlfeil als möglich eine Anleitung zu liefern, welche diesen Theil der Technologie so behandelte, wie es ihrem jetzigen Standpunkte, in Bezug auf die Ausübung, angemessen wäre. So wenig ich übrigens glaube, daß in Teutschland die eisernen Brücken jemals eine grosse Rolle spielen werden, so habe ich mich doch durch das besondere Verlangen des Herrn Verlegers bewogen gefunden, auch von diesen noch etwas beizufügen. Da ohne Widerrede gegossene eiserne Röhren zur Konstruktion solcher Brücken die geeignetsten sind, so habe ich nicht nur die verschiedenen Konstruktionen dieser Art

von Reichenbach und Wiebeking in Zeichnungen mitgetheilt, sondern auch Bemerkungen beigefügt, die der Leser hoffentlich nicht unwichtig finden wird.

Von der neuen Brücke (Waterloobrücke), welche in London, über die Themse erbaut wird, konnte ich in dieser Schrift nichts sagen, weil ich selbst erst, da der Druck beinahe geendigt war, durch die Zeitung für die elegante Welt von 1817. Nro. 22. einige Notizen von dieser Brücke erhielt. Da dieselbe künftig vielleicht statt der von Neuilly als die erste von Europa genannt werden wird, so will ich diese wenigen Notizen hier mittheilen. Sie wird an einem Orte erbaut, der ziemlich den Mittelpunkt von London bildet, und zwar meistens aus Granit. Alle ihre Bögen sind von gleicher Grösse, und die Oberfläche der Brücke ist ganz eben, ohne alle Krümmung. Die Themse ist hier ungefähr 1300 (englische) Fuße breit. Die Brücke besteht aus 9 Bögen, welche eine halbe Ellipse bilden (so heißt es in der Beschreibung; ich vermuthe dagegen, daß die Wölbungslinien Korblinien sind. Die in gedachter Zeitung im Kleinen beigefügte Zeichnung giebt hierüber keine nähere Belehrung, da nach solcher die Wölbungslinie einer Parabel am nächsten kommt.) Jeder Bogen ist 120′ weit, jeder Pfeiler 20′ dick. Diese Pfeiler sind jeder mi 2

Säulen geziert, die ein Tafelwerk tragen, das nach der ganzen Länge der Brücke hinlauft. An beiden Enden befinden sich Wassertreppen; auch diese sind mit dergleichen Säulen wie die Brücke geziert. Ueber die Brücke geht eine Balüstrade mit passenden Gestellen für die Lampen. Die Breite der Brücke zwischen den Geländern beträgt 42′, nämlich die Breite der Fahrstraße 28′ und jeder Fußweg 7′. Das Verhältniß der Bogenhöhe zur Bogenweite ist nicht angegeben, aber der Zeichnung zufolge wäre es wie 1 zu 3.

Zum Schlusse bemerke ich noch, daß in eben diesem Verlage zur Ostermesse 1817 von mir eine leichtfaßliche Anleitung zur Analysis endlicher Grössen und des Unendlichen und zur höhern Geometrie erscheinen wird, welche, mit Beseitigung aller spekulativen und kuxuriösen Untersuchungen, alles enthalten wird, was dem Kameralist überhaupt und dem Ingenieur insbesondere, zu wissen nöthig ist, um sich in theoretische Betrachtungen seines Fachs einlassen oder Werke, worin solche vorkommen, studiren zu können. Man wird diese Anleitung so abgefaßt finden, daß ihr Studium durchaus keiner mündlichen Erläuterung bedarf.

Heidelberg im Februar 1817.

K. Chr. Langsdorf.

Inhalts-Verzeichniß.

I. Straßenbaukunde.

§. 1. Die Ingenieurwissenschaften, zu welchen die Straßen- und Brückenbaukunde gehören, sind ein Theil der Kameralwissenschaften. Diese lehren, wie sich Objekte des Eigenthums für die einzelnen Staatsbürger produciren und die zu den Staatsausgaben erforderlichen Revenüen begründen, auch Stöhrungen und Unannehmlichkeiten im Lebensgenusse durch unmittelbare, d. h. den Stöhrungen gerade entgegengesetzte Vorkehrungen, beseitigen lassen.

§. 2. Zum Straßenbau gehörige Literatur.

§. 3. Straßen verbinden die Glieder eines Staates unter sich, und Staaten mit Staaten. Sie gewähren dem Landmann und dem Städter und jedem Reisenden unmittelbare Vortheile, womit wieder mittelbare für die einzelnen Bewohner und für den Staat verbunden sind. Ihre Wichtigkeit wurde schon von den Römern anerkannt; späterhin auch in Frankreich, Teutschland und in andern Ländern.

auf kurze Strecken, kann eine Straße auf die Länge von 12 Fuß um 1 Fuß steigen.

§. 18. Auf einer Straße, welche auf 18 Fuß um mehr als 1 Fuß steigt, müssen Rasten angelegt werden.

§. 19. VIII. Auch Anstalten zum Vergnügen und zur Befriedigung mancher Nebenbedürfnisse des Reisenden, verdienen Berücksichtigung.

§. 20. Zuerst wird über die Anordnung des Straßenzugs im Allgemeinen ein Gutachten erstattet.

§. 21. Die genauere Bestimmung geschieht nach erfolgter Beaugenscheinigung. Dann wird ein geometrischer Plan verfertigt, das Nivellement vorgenommen und zugleich ein Längenprofil beigefügt.

§. 22. Der geometrische Plan muß alle auf die Anlage Bezug habende Abmessungen nach Länge und Breite enthalten, und zugleich auf gewisse Umgebungen Rücksicht nehmen. Zu den verschiedenen Zeichnungen gehören verschiedene der Deutlichkeit entsprechende Maaßstäbe.

§. 22. * Verzeichnung des Straßenprofils nach der Länge.

§. 23. Das regelmässige Steigen oder Fallen muß zuweilen abgeändert werden, um Hohlwege zu vermeiden oder wenigstens ihre Vertiefung zu vermindern.

§. 24. Die Besitzer der zu einer Straße gezogenen Grundstücke müssen dafür vollständig entschädigt werden.

§. 25. Erleichterungsmittel beim Entschädigungsgeschäft.

§. 26. Die Kostenüberschläge werden nunmehr nach den Messungen und Zeichnungen mit Zuziehung der Distriktsbeamten verfertigt.

§. 27. Dem Staatsvermögen gemäß wird nun eine Strecke zur Herstellung der Straße für das 1ste Jahr bestimmt, und sogleich werden vom Ingenieur die Absteckungen im Detail vorgenommen.

§. 28. Keine Straße soll durchaus horizontal fortlaufen. Bemerkung für Straßen mit gefährlichen Seitenabhängen.

§. 29. Chausseegräben sind nicht überall nothwendig. Wo sie nöthig sind, lassen sich ihre Abmessungeu meistens ohne hydraulische Berechnungen angeben; doch geht dieses nicht in allen Fällen an.

§. 30. Um beifliesende Wasser nicht durch den Straßendamm selbst aufzustauen, dienen Gossen, Mulden, Dohlen, Durchlässe, niedere Gewölbe und Brücken.

§. 31. Zurichtung des Bodens. Abhebung und Aufhöhung desselben.

§. 32. Eigene Geräthschaften, deren man sich beim Straßenbau bedient.

§. 33. Noch eine Bemerkung wegen der Aufhöhung des Bodens.

§. 34. Bestimmung der Wölbung nach der Breite der Straße.

§. 35. Grundlage der Steinwölbung mit den aufgeschütteten oberen Steinlagen.

§. 36. Anstellung der Arbeiter und Anordnung ihrer Arbeiten.

§. 37. Besondere Sommerwege.

§. 38. Verwahrung der Böschungen bey einem Straßendamm, ingleichem steiler Gebirgsabhänge. Auspflasterung der Sohle der Seitengräben, auch Schleusen in den Gräben.

§. 38. * Besondere Anstalten gegen Ueberströhmungen.

§. 39. Unterhaltung der Straße durch Reinigung, durch neue Aufschüttungen, durch Reparirung der Mauerwerke ꝛc. Regulirung des Chausseegeldes.

Vom Nivelliren.

§. 40. Wahre und scheinbare Horizontallinien und Horizontalflächen.

§. 41. Allgemeine Bedingung für den Abfluß des Wassers.

§. 42. Das Gefälle von einem angenommenen Punkte zu irgend einem anderen, ergiebt sich durch das Nivelliren.

§. 43. Geometrische Bestimmung für die Abweichung scheinbarer Horizontallinien von den wahren.

§. 44. Man hat 5 verschiedene Nivellirmethoden.

§. 45. 1ste Nivellirmethode. Beschreibung der Setzwage.

§. 46. Gebrauch der Setzwage.

§. 47. Einrichtung des Nivellementsverzeichnisses.

§. 48. Dieses Verzeichniß erhält noch eine Kolonne weiter, wenn das Steigen und Fallen von

Pfahl zu Pfahl zu wissen nöthig ist. Noch eine Bemerkung für die Ausübung.

§. 49. 2te Nivellirmethode. Beschreibung des Hängebogens.

§. 50. Gebrauch des Hängebogens.

§. 51. 3te Nivellirmethode. Beschreibung und Gebrauch des Gradbogens.

§. 52. 4te Methode. Die Visirmethode. Dabey muß bey einer scheinbar horizontalen Richtung des Fernrohres nicht nur auf die Abweichung von der wahren Horizontallinie, sondern auch auf die Krümmung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre Rücksicht genommen werden.

§. 53. Diese Methode geht sehr schnell von statten, wenn auch nur Entfernungen von 300 Fuß für die einzelnen Stationen angenommen werden. Visirlatte mit einer verschiebbaren Visirtafel.

§. 54. Zur Abkürzung der Arbeit wird, wo möglich, bey allen Stationen einerley Höhe vom Boden bis zur Axe des Fernrohres beibehalten. Weitere Bemerkungen auch für andere Fälle, welche hier vollkommene Belehrung geben. Kurze Stationen, die nicht über 200' weit von einander entfernt sind, gewähren mehr Bequemlichkeit.

§. 55. Einige Schwierigkeiten bey dieser Methode. Zurichtung der dabey erforderlichen Libelle, und gemeinschaftliche Zusammenordnung der Libelle und des Fernrohres mit dem Stativ.

§. 56. Eine für die Ausübung nöthige Bemerkung wegen der Ungewißheit in Bestimmung der Lichtstrahlen.

§. 57. Wie die Unrichtigkeit in der Richtung des Fernrohres, die man für horizontal gelten läßt, unschädlich gemacht, und zugleich die Abweichung von der wahren Horizontallinie in der Rechnung beseitigt werden kann.

§. 58. Die 5te Nivellirmethode ist die durch das Barometer.

II. Brückenbaukunde.

I. Kapitel.

Von den zu steinernen und hölzernen Brücken tauglichen Materialien.

§. 1. Erforderliche Eigenschaften der zum Brückenbau tauglichen Steinarten.

§. 2. Hierher gehörige Steinarten liefern das Kalkgeschlecht, das Thongeschlecht und die gemengten Gebirgsarten.

§. 3. Die Härte der Steine muß vor ihrer Bestimmung zum Brückenbau durch starke Pressungen sorgfältig geprüft werden. Hierher gehörige Versuche und Maximen von Perronet und Wiebeking.

§. 4. Unterschied des gemeinen Mörtels und der Cemente. Dreierley Sorten der Sandkörner in Bezug auf ihre Grösse.

§. 5. Forderungen zu einem guten gemeinen Mörtel.

§. 6. Zwölf Arten von Cementen, mit ihren Mischungsverhältnissen.

)()(

§. 7. Hierher gehörige Holzarten, und ihre Klaſſificirung.

§. 8. Beſtimmungen einiger Maaße und Gewichte, welche in der Folge bey Berechnungen öfters vorkommen.

§. 9. Allgemeine Erfahrungen über gefahrloſes Beugen ſtarker Balken, nach Beobachtungen von Wiebeking.

§. 10. Erfahrungen über die abſolute Feſtigkeit von mehreren Holzarten und Metallen, auch Seilen, nach Eytelwein. Dabey Bemerkungen für die Ausübung.

§. 11. Allgemeine Beſtimmung für das Gewicht eines Balkens.

§. 12. Allgemeine Beſtimmung der Laſt, mit welcher ein mit beiden Enden frey aufliegender Balken von gegebenen Abmeſſungen in ſeiner Mitte ohne Gefahr beſchwert werden darf, nachdem kürzere oder längere Zeitdauer bedungen wird.

§. 13. Dieſelbe Beſtimmung für die Vorausſetzung, daß der Balken an beiden Enden aufgedollt oder ſonſt feſt verſpannt ſey.

§. 14. Die Beſtimmungen (§. 11. und 12.) für mehrere auf einander liegende Balken.

§. 15. Beſtimmung des Verhältniſſes zwiſchen Dicke und Höhe eines Balkens zur Gewinnung der größten Tragkraft.

§. 16. Beſtimmung der ſchwächſten Stelle ſowohl gerader horizontaler Balken als von Balkenbögen.

§. 17. Die Tragkraft eines Balkenbogens hängt von dem Maaße seiner Krümmung ab, und kann sogar kleiner seyn, als die eines geraden Balkens, dessen Länge der Sehne von der Krümmungslinie des Bogenbalkens ist.

Zweites Kapitel.

Vom Einrammen der Pfähle.

§. 18. Wichtigkeit dieses Gegenstandes.

§. 19. Gestalt und Zurichtung der Pfähle.

§. 20. Abstand der Pfähle von einander, bey Grundpfählen und Langpfählen; auch ihre erforderliche Anzahl.

§. 21. Vorzug des trockenen Holzes bey Pfählen. Nachtheil entstehender Borsten.

§. 22. Wo sich aufgepropfte Pfähle gebrauchen lassen. Auch von Nebenpfählen.

§. 23. Verschiedene Bestimmungen der Pfähle. Davon abhängende verschiedene Schwere der Rammklötzer bey Handrammen und Ramm-Maschinen.

§. 24. Einrichtung der Ramm-Maschinen, insbesondere der Zugrammen. Der Gebrauch der Haspelrammen kommt höchst selten vor.

§. 25. Wichtigkeit der Theorie der Ramm-Maschine für die Ausübung. Hauptsatz, worauf sie beruht.

§. 26. Allgemeine Bestimmung der Geschwindigkeit, die durch den Stoß mitgetheilt wird.

§. 27. Wie die Tiefe, um welche ein Pfahl bey

einem Schlage des Rammklotzes eingetrieben wird, von der Fallhöhe und dem Gewicht des Rammklotzes abhängt; ohne Rücksicht auf Elasticität.

§. 28. Berichtigung der vorstehenden Bestimmung in Bezug auf Elasticität entstehender Vorsten.

§. 29. Der Effekt der Schläge nimmt in grösserem Verhältnisse zu, als das Gewicht des Rammklotzes.

§. 30. Auch Elasticität des Pfahls und des Bodens schwächen den Effekt der Schläge, und setzt dem Eindringen der Pfähle Gränzen.

§. 31. Vergrössertes Gewicht des Fallklotzes ist vortheilhafter als in gleichem Verhältnisse vergrösserte Fallhöhe.

§. 32. Umstände, welche dem Gewichte des Rammklotzes Gränzen setzen.

§. 33. Allgemeine Bestimmung für die Tragkraft eines Pfahls.

§. 34. Bestimmungen in Bezug die Anzahl von Pfählen.

§. 35. Bemerkungen in Bezug auf Pfähle, die nicht bis zu gleich festem Stande niedergetrieben werden können.

§. 36. Die Maxime der Empiriker, die Pfähle überhaupt bis zum Stehen nieder zu treiben, giebt nicht allemal hinlängliche Sicherheit.

§. 37. Eine Bemerkung über die schiefe Richtung des Zugs.

§. 38. Erscheinungen, aus welchen der Vorzug

der Zugrammen vor den Haspelrammen deutlich erhellet.

§. 38. * Nähere Bestimmung des Verhaltens der Arbeiter an den Zugleinen. Auch noch ein wichtiger Vortheil vom schnellen Aufziehen an der Zugramme, indem dadurch die Fallhöhe vergrössert wird.

§. 38. ** Erfahrungen über das Einrammen bey der Neuöttinger Innbrücke.

Drittes Kapitel.

Allgemeine Betrachtungen über die Brücken und Aufstauungen der Wasser.

§. 39. Allgemeiner Begriff von Brücken.

§. 39. * Acht Haupterfordernisse für Brücken. Unterschied zwischen Baumeistern und Pfuschern.

§. 40. Unterschied zwischen Widerlagern, Pfeilern und Jöchern oder Jochwänden.

§. 41. Ausserordentlicher Druck, welchen die Grundfläche eines einzigen Pfeilers bey weiten Brückenbögen auszuhalten hat.

§. 42. Schätzung des gewaltsamen Angriffs, welchen Eisgänge gegen Brückenpfeiler ausüben können.

§. 43. Erwähnung einer zum Brückenbau gehörigen Forderung.

§. 44. Allgemeine Regel für das Steigen und Fallen einer Brücke. Auch Regulirung des Brückengeldes.

§. 45. Umstände, von welchen die Breite einer Brücke abhängt.

§. 46. Beiläufige Bestimmung der Wassermenge, welche in jeder Sekunde bey dem höchsten Wasser abfließt.

§. 47. Vorbereitung zur Bestimmung der Höhe, um welche das höchste Wasser über diejenige steigen wird, bey welcher man die in 1 Sek. abfliesende Wassermenge und die Geschw. beobachtet hat.

§. 48. Wirkliche Bestimmung der Aufstauungshöhe. Auch Bestimmung der Stelle oberhalb der zu erbauenden Brücke, wo das Wasser unter merklich grösserem Abhange abzufliesen anfängt.

§. 49. Grösse der Rückstauung d. h. der Entfernung bis zu welcher sich die Aufschwellung beim höchsten Wasserstande strohmaufwärts verbreiten werde.

§. 50. Höhe der Aufschwellung, welche vor der Brücke erfolgen mußte, wenn die Rückstauung eine gegebene Stelle strohmaufwärts erreichen sollte.

Viertes Kapitel.

Ueber die Verschiedenheit der Brücken. Besonders hierher gehörige geometrische Betrachtungen.

§. 51. Verschiedene Arten von Brücken in Ansehung des Materials. Eiserne werden hier ganz übergangen. Einsturz einer neu erbauten eisernen Brücke bey Wien.

§. 52. Verschiedene Arten hölzerner Brücken.

§. 53. Verschiedene Formen steinerner Brücken nach 6 verschiedenen Wölbungslinien.

§. 54 — 58. Prüfung dieser 6 Wölbungslinien. Wir behalten nur 2 davon bey: 1.) Die Wölbung nach Kreisabschnitten; 2.) Die nach einer Korblinie d. h. nach einer Linie, welche aus mehreren Bögen verschiedener Halbmesser in einer stetig fortlaufenden Krümmung zusammengesetzt sind. Die größten Baumeister sind bey diesen beiden, worunter die nach einem Halbkreise mitbegriffen sind, stehen geblieben.

§. 59. Bestimmung zusammengehöriger Bögen, Bogenweiten, Bogenhöhen und Bogenhalbmesser.

§. 60. Veränderungen die in den vorstehenden Verhältnissen eintreten, wenn der Scheitel eines Bogens niedergedruckt wird, so daß zu beyden Seiten neue Kreisbogenstücke von stärkerer Krümmung entstehen.

§. 61. Die Krümmung eines nach einer Kettenlinie gebogenen Balkens ist von der eines kreisbogenförmig

§. 62. gekrümmten Balkens nicht merklich verschieden, daher auch die Krümmung nach einer Kettenlinie keine besondere Aufmerksamkeit verdient.

§. 63. Dasselbe gilt auch von der paraboliſchen Krümmung.

§. 64. Die elliptische Linie, welche keine geometrische Verzeichnung gestattet, wie die Kreislinie, wird durch die Korblinien ganz entbehrlich.

§. 65. Verzeichnung einer Korblinie aus 3 Mittelpunkten.

§. 66. Verzeichnung aller Arten von Korblinien

von verlangter Höhe und Weite ohne trigonometrische und algebraische Berechnung.

§. 67. Umkehrung der Korblinien bey hölzernen Bögen.

Fünftes Kapitel.

Nähere Anleitung zur Erbauung steinerner Brücken.

§. 68. Neun Hauptfragen, auf deren Beantwortung die zweckmässige Erbauung der steinernen Brücken beruht.

§. 69. Umstände, von welchen die Anzahl der Brückenbögen abhängt.

§. 70. Allgemeine Bemerkung über das Maaß der Verdrückung oder der Verpfählung steinerner Bögen, blos in Begründung auf vorliegende Erfahrungen, mit Uebergehung aller mathematischen Spekulationen.

§. 71. Verzeichnung der Korblinie, nach welcher die Bögen der Brücke von Neuilly gewölbt sind, und Abmessungen der Hauptbestandtheile dieser Brücke.

§. 72. Allgemeine Bemerkungen in Bezug auf Höhe des Schlußsteins und der übrigen Gewölbsteine.

§. 73. Noch einiges zur Beschreibung der Brücke von Neuilly, besonders in Bezug auf den dabey angebrachten Stirnbogen.

§. 74. Verzeichnung der Fugenschnitte.

§. 75. Noch eine Bemerkung zur Beschreibung der Brücke von Neuilly.

§. 76. Benutzung vorhandener Erfahrungen I. zur Bestimmung der Dicke der Gewölbsteine.

§. 77. Benutzung vorliegender Erfahrungen II. zur Bestimmung der Höhe und Form der Gewölbsteine.

§. 78. Benutzung der Erfahrung. III. zur Bestimmung der Dicke der Pfeiler.

§. 79. IV. Bestimmung der Höhe der Pfeiler und der Brückenöffnungen, mit Rücksicht auf die Erfahrung.

§. 80. V. Erforderliche Stärke der Widerlager.

§. 81. VI. Fundamente der Pfeiler und Widerlager; hierher gehörige allgemeine Bemerkungen.

§. 82. Gestalt der Pfeiler und der Schutzpfeiler oder Vorköpfe.

§. 83. Aufmauerung der Pfeiler mit ihren Fundamenten bey felsichtem Boden.

§. 84. Die Legung der Fundamente bey minder festem Boden.

§. 85. Noch größere Verwahrung der Fundamente bey sehr schlechtem Boden.

§. 86. Mittel, wie sich die sonst zur Legung der Fundamente erforderliche Beseitigung der Wasser, welche den Brückenbau so kostspielig macht, vermeiden läßt.

§. 87. VII Bogengerüste und Wölbung. Hier zuerst insbesondere vom Setzen der steinernen Bögen.

§. 88. Ein Bogengerüste, das zu 60′ weiten Bögen vollkommen hinreichend wäre.

§. 89. Aufstellung solcher Gerüstbögen.

§. 90. Ein Bogengerüste für sehr weite Bögen, bis zur Bogenweite von 180′.

§. 91. Ein angelehntes Bogengerüst, welches noch bis zu Bogenweiten von 160′ vollkommen genügend seyn würde.

§. 92. VIII. Vollendung der Brücke. Hier zuerst eine allgemeine Bemerkung über die Pfeilerdicke und über die Höhe der Schutzpfeiler oder Vorköpfe.

§. 93. Wie die Zwischenräume oder Vertiefungen zwischen den Bögen ausgefüllt werden.

§. 94. Herstellung der Trottoirs und des mit denselben verbundenen Saums oder Gesimses längs der ganzen Brückenstraße unterhalb dem Geländer.

§. 95. Herstellung des Brückenpflasters zur Fahrstraße, und der Geländermauer oder eines eisernen Geländers.

Sechstes Kapitel.

Ueber die Wegschaffung der Wasser beym Brückenbau.

§. 96. Es giebt im Allgemeinen nur zwey Mittel zur Wegschaffung der Wasser an den bey dem Brückenbau vorkommenden Baustellen.

§. 97. Sollen die Wasser abgegraben werden, so werden oft hydraulische Bestimmungen zur zweckmäßigen Einrichtung des Ableitungskanals nöthig.

§. 98. Viel wichtiger ist das Verfahren mittelst Umdammung der Baustelle, und Einsetzung zweckdienlicher Wasserhebungsmaschinen, und im Nothfalle der Gebrauch der Senkkästen.

§. 99. Statt der Verpfählung kann man auch Böcke zur Verdammung gebrauchen.

§. 100. Auch könnte man ſtatt der Böcke Käſten perſenken, deren Zwiſchenraum mit Erde ausgefüllt würde.

§. 101. Die vorzüglichſten Waſſerhebungsmaſchinen zur Ausförderung der Waſſer.

§. 102. Einrichtung der archimediſchen Schnecke.

§. 103 — 107. Beſtimmung hierher gehörigen Abmeſſungen.

§. 108. Einrichtung einer Schaufelkunſt.

§. 109. Hierher gehörige Abmeſſungen; auch Stellung der Maſchine nach Belidor und Karſten, die aber einer näheren Unterſuchung bedarf.

§. 110. Die Richtigkeit der theoretiſchen Beſtimmung wird, in Bezug auf den abſoluten Effekt, durch Beobachtungen vollkommen beſtättigt.

§. 111. Hier muß die Frage zur vortheilhafteſten Benutzung des Schaufelwerks ganz anders geſtellt werden, als von Belidor und Karſten geſchehen iſt. Es ergiebt ſich daher ein ganz anderes Reſultat für die Ausübung, womit dann durch einen bloſen Zufall die aus unrichtigen Betrachtungen abgeleitete Belidorſche Beſtimmung zuſammentrifft.

§. 112. Beſtimmung des Effekts dieſer Maſchine in Bezug auf die Anzahl der dabey angeſtellten Arbeiter, wonach erſt die Abmeſſungen der Maſchine zu beſtimmen ſind.

§. 113. Beſtimmung des Effekts in Bezug auf die Abmeſſungen der Maſchine, wonach erſt die An-

zahl der anzustellenden Arbeiter zu bestimmen ist. Auch noch gegenseitige zusammengehörige Abmessungen.

§. 114. Worauf es bey Erhaltung des größten Effekts ankommt. Karstens Untersuchungen hierüber sind für die Ausübung nicht nur ohne allen Nutzen, sondern sogar unrichtig.

§. 115. Einrichtung der Verascheu Seilmaschine und ihre Wirkungsweise.

§. 116. Wesentliche Theile einer gemeinen Pumpe.

§. 117. Hölzerne und metallene Stiefel.

§. 118. Einrichtung des Kolbens mit der Kolbenstange.

§. 119. Vorschriften für die Ausübung in Bezug auf die Weite der Saugröhre.

§. 120. Bestimmungen für den Effekt einer Pumpe.

§. 121. Einrichtung eines Scheibenpaternosterwerks.

§. 122. Eiserne Scheiben leisten vollkommene Dienste. Verliederung der Scheiben ist ohne Nutzen, vielmehr schädlich, und auf irrige Begriffe von der Wirkungsart dieser Maschine gegründet.

§. 123. Bestimmung des Wasserverlustes wegen der Spielräume zwischen dem Umfange der Scheiben und der inneren Wandfläche der Röhre.

§. 124. Bestimmung der durch diese Maschine in einer bestimmten Zeit ausgegossenen Wassermenge.

§. 124. * Derjenige Abstand der Scheiben von einander bey welchem die Maschine, bey einer bestimm-

ten Geschwindigkeit der Scheiben, in einer gegebenen Zeit die größte Wassermenge erhebt.

§. 125. Bestimmungen für den Effekt der Maschine, in Bezug auf die Abmessungen und auf die Anzahl der angestellten Arbeiter.

§. 126. Allgemeine Bemerkung über die bisher betrachteten Maschinen; auch eine besondere über Pumpen mit Schleichern oder Scheiden.

§. 127. Eine für die Ausübung nützliche Bemerkung in Bezug auf die Anstalten zur Ausförderung der Wasser aus der Baustelle. Die beigefügte Note enthält eine hierher gehörige theoretische Untersuchung.

Siebentes Kapitel.

Nähere Anleitung zur Erbauung flacher hölzerner Brücken.

§. 128. Verschiedene Arten hölzerner Brücken.

§. 129. Wichtige Regel für die Anzahl von Pfählen in einer Jochwand, und für die Tiefe, zu der sie, bis zum Stehen eingetrieben, im festen Boden eingedrungen seyn müssen.

§. 130. Stärke der Jochpfähle, Entfernung der Jochwände von einander, und Höhe der Tramen bey einem Abstand der Jochwände von 45′, wenn dabey die Brücke gepflastert ist.

§. 131. Vollständige Beschreibung einer Jochbrücke.

§. 132. Die dabey vorkommenden einzelnen Theile mit ihren Abmessungen, für jeden Abstand der Jochwände von einander.

Abmessungen und der angebrachten Kräfte.

§. 148. Hierher gehörige Versuche mit einfachen Balken von Wiebeking.

§. 149. Desselben Versuche mit mehreren auf einander liegenden Balken.

§. 150. Allgemeine Folgerung für die Tiefe der Senkung eines in der Mitte unterstützten und an seinen Enden von gegebenen Zugkräften niedergezogenen Balkens.

§. 151. Bestimmung des Verhältnisses zwischen der Tiefe der Senkung (§. 150.) und dem an jedem Ende des Balkens angebrachten Gewicht, bey der bey den Versuchen statt gehabten Länge und Dicke des Balkens.

§. 152. Die vorige Bestimmung allgemein, für jede Dicke und Länge des Balkens, aus den Versuchen mit einfachen Balken abgeleitet.

§. 153. Ableitung einer solchen Bestimmung aus den Versuchen mit 3 über einander liegenden Balken. Auch hieraus und aus der vorigen Bestimmung gefolgerte allgemeine hierher gehörige Fundamentalgleichung.

III. Gränzen für die Spannung hölzerner Bögen.

§. 154. Versuche von Wiebeking zur Bestimmung der Beugung, deren ein Balken fähig ist.

§. 165. Festsetzung des Gesichtspunktes, aus welchem hier dieser Gegenstand betrachtet wird, wenn

von

von Balken die Rede ist, die zu einer gewissen Höhe gekrümmt mit ihren Enden zwischen festen Stützpunkten eingespannt und im Scheitel mit einem Gewicht belastet sind.

§. 156. Anwendung von §. 60. mit Rücksicht auf den Zusammenhang der beyden Bogenschenkel im gemeinschaftlichen Scheitel.

§. 157. Die Bogenhöhe der Augsburger Brücke ist noch hinlänglich von der Gränze des Knackens entfernt, wenn man zugleich auf die geringe Einbeugung Rücksicht nimmt, der die Bogenbalken bey dieser Brücke ausgesetzt sind.

§. 158. Allgemeine Bestimmung einer völlig gefahrlosen Krümmungshöhe eines Balkens von jeder Länge und Höhe.

§. 159. Sichere Bogenhöhe eines Balkens, der zu einer verlangten Tiefe im Scheitel niedergedruckt werden soll, ohne wegen des Knackens gefährdet zu seyn.

IV. Tragvermögen hölzerner Bögen.

§. 160. Allgemeine Bestimmung der Last, mit welcher ein Balkenbogen im Scheitel beschwert werden muß, um ihn bis zu einer bestimmten Tiefe niederzudrucken. Bestättigung durch Versuche.

§. 161. Forderung für die Belastung eines Balkenbogens in seinem Scheitel zur vollkommenen Sicherheit. Die Sicherheit wird wieder durch Versuche bestättigt.

)()()(

§. 162. Anwendung auf die Bögen der Augsburger Brücke, solche blos als nackte Bögen betrachtet.

§. 163. Eine Abänderung der gefundenen Formel für die hinlänglich sichere Belastung des Scheitels, um sie dem uns vorgezeichneten Gange der Natur, welcher für H = o einen bestimmten Werth fordert, näher zu bringen. Einrichtung der Formel für verschiedene Perioden in Bezug auf das Alter der Brücke. Auch Betrachtung des Umstandes, daß bey weiten Bögen die einzelnen Bogenbalken der Länge nach ohne Zusammenhang zusammengestoßen werden.

§. 164. Die Tragkraft der Brückenbögen über einer Brückenöffnung ist in Bezug auf eine gleichmäßig darüber verbreitete Last bey weitem grösser, als in Bezug auf eine blos im Scheitel angebrachte Belastung.

§. 165. Einspannung der Bogenrippen an ihren Enden, mittelst Kerbstöcke an den Jochpfählen; ihre Verbindung unter einander durch Bundbalken und zwischen solchen angebrachte Windkreuze oder Windruthen mit Kreuzstreben. Hierzu kommen noch von unten aufwärts laufende auf den Rippen aufgelegte Bogenschenkel bis zu den Tramen oder Schlußbalken, welche längs der ganzen Brücke über die sämmtlichen Rippen so hinlaufen, daß sie diese in ihren Scheiteln berühren; endlich die vielen besonders die durch die Geländerdocken, Schlußbalken und Rippen durlaufenden 2 Zoll dicken Schrauben. Auch kommen noch Balkenwände hinzu, welche durch Kreuzstreben unter einan-

der verbunden werden. Diagonalbögen oder Diagonalrippen sind eine sehr entbehrliche Variation.

§. 166. Ableitung einer allgemeinen Bestimmung für das Tragvermögen einer so gebauten Bogenbrücke in ihrem Scheitel, wenn sie 3 Rippen hat, und die Bogenweite die der Augsburger Bögen nicht beträchtlich übertrifft.

§. 167. Fernere Anstalten bey beträchtlich weiteren Bögen, und wie die Tragkraft im Scheitel damit zusammenhängt.

§. 168. Bestimmung des Maximums der Nutzlast oder der zufälligen Last, mit welcher eine Brücke nach der Größe ihrer Oberfläche belastet werden könnte. Erforderliche Dicke der Bogenbalken zu den Rippen, wenn solche mit Rücksicht auf die angegebene Verbauung Tragkraft genug haben sollen, um das Maximum der Last in verschiedenen Perioden des Alters mit Sicherheit tragen zu können.

§. 169. Anwendung auf eine Brücke, bey welcher die Bogenlänge 220 Fuß betrüge.

§. 170. Vergleichung solcher Rechnungsresultaten mit den Resultaten, welche die Erfahrung bey den 118 Fuß weiten Bögen der Brücke bey Augsburg, und bey dem 220 Fuß weiten Bogen der Brücke bey Bamberg giebt, und welche durchaus die Brauchbarkeit der obigen Bestimmungen beweisen.

§. 171. Praktische Bemerkungen in Bezug auf Anzahl und Dicke der Bogenrippen, auch in Bezug auf Reparaturen. In der Anmerkung zu diesem §.

noch etwas zur Geschichte der Augsburger Brücke mit einigen Bemerkungen für den Praktiker.

§. 172. Unter welchen Bedingungen sich Bogenbrücken mit 600′ weiten Oeffnungen bauen lassen?

V. Nöthige Bemerkungen zur erforderlichen Festigkeit der Jochwände und der Widerlager.

§. 173. Bemerkung der Hauptpunkte, auf welchen die Festigkeit der Jochwände beruht.

§. 174. Bey einer 600′ weiten Bogenbrücke hat eine Jochwand beiläufig 54000 Zentner zu tragen. Dennoch kann sie gegen das Tiefersinken hinlänglich gesichert werden.

§. 175. Auch in anderer Hinsicht bleibt die Erbauung einer solchen Bogenbrücke mit 600′ weiten Bögen allerdings ausführbar.

§. 176. Bestimmung der horizontalen Dehnkraft eines Balkenbogens aus der centralen.

§. 177. Ableitung einer Bestimmung des Seitendrucks, welchen nackte Rippen auf eine Jochwand ausüben.

§. 178. Betrachtungen zur Begründung einer Bestimmung des Seitendrucks, welchen ordentlich verbaute Brückenbögen gegen Jochwände ausüben.

§. 179. Resultat dieser Betrachtungen. Bey Brücken mit bedeutenden Bogenweiten darf man einfache Jochwände nicht als Widerlager gelten lassen. Praktische Regel für das Verfahren beim Aufschlagen einer Bogenbrücke. Nothwendigkeit doppelter,

dreyfacher ꝛc. Jochwände bey Bogenweiten von mehr als 200'. Ausserordentliche Grösse der Schubkraft einer solchen Bogenbrücke von mehr als 4000 Zentnern aus der Erfahrung bewiesen. Verwahrungsmittel gegen Eisgänge

§. 180. Praktische Bemerkungen über den Bau der Widerlager.

VI. Das Setzen der hölzernen Bogenbrücken.

§. 181. Das Setzen der hölzernen Bogenbrücken ist unvermeidlich.

§. 182. Aenderung des Krümmungshalbmessers bey dem Setzen.

§. 183. Wie viel man bey sonst guter Verzimmerung der beabsichtigten Bogenhöhe in Rücksicht auf den Abgang wegen des Setzens zugeben müsse.

Zehentes Kapitel.

Von den Funkschen Bohlenbogenbrücken.

§. 183. * Funk hat zuerst den Gebrauch der Bohlenbögen bey Brücken empfohlen und wirklich in Ausübung gebracht. Ihre Konstruktion.

§. 184. Nähere Beschreibung des besonderen Gebrauchs, welchen Funk von solchen Bohlenbögen bey den Brücken macht. Sie dienen ihm statt der oberen oder Dachtramen einer hängenden oder auf gewöhnliche Weise gesprengten Brücke.

§. 185. Wie Funk die Tragkraft der von ihm

erbauten Bohlenbogenbrücke über die Weser bey Minden anschlägt.

§. 186. Die Funkſche Hypotheſe, nach welcher die Tragkraft nackter Rippen dem Sinus des Erhöhungswinkels proportional iſt. Hieraus abgeleitete Beſtimmungen.

§. 187. Die Funkſchen Bohlenbögen könnten auch ſtatt der Wiebekingſchen Balkenbögen gebraucht werden. Sie haben ſogar Vorzüge, die den letzteren fehlen.

§. 188. Weitere Folgerungen aus der Funkſchen Hypotheſe. §. 186.

§. 189. Nähere Prüfung der Reſultate aus dieſen Folgerungen zeigt die Unanwendbarkeit jener Hypotheſe. Die Rechnung §. 170. behält aber auch in der Anwendung auf die Bohlenbogenbrücken ihre völlige Brauchbarkeit.

Eilftes Kapitel.

Die Großiſchen Hängebrücken.

§. 190. Merkwürdige Brücken vom Straßenbaudirektor Groß.

§. 191. Mittheilung der Zeichnung einer vorzüglich wichtigen Brücke von Groß.

§. 192. Das Weſentliche dieſer Konſtruktion.

§. 193. Eine dergl. Brücke ſetzt hohe Ufer voraus.

§. 194. Die Konſtruktion iſt im Weſentlichen zwar nicht eine ganz neue Erfindung, aber in Bezug

auf ihre vollständige Verbindung mit dem ganzen Brückenkörper und in der Anwendung auf eine so ausserordentliche Bogenweite kann sie doch als neu gelten.

§. 195 und 196. Wie diese Bauart auch bey flacheren Ufern und überall, wo sich Jochbrücken anlegen liesen, angewendet werden könnte.

Zwölftes Kapitel.
Von eisernen Brücken.

§. 197. Veranlassung zum Baue eiserner Brücken. Drey hierher gehörige in England. Teutschland hat noch keine dergleichen von Bedeutung aufzuweisen.

§. 198. Streit zweyer Ritter aus Baiern über die Erfindung der Konstruktion aus Röhren.

§. 199. Beschreibung der Reichenbachischen Konstruktion.

§. 200. Fortsetzung.

§. 201. v. Reichenbachs allgemeine Formel für die Tragkraft (CLVI.) und daraus abgeleitete für die Tragkraft im Scheitel (CLVII.)

§. 202 Berechnete Werthe des in CLVI. vorkommenden trigonom. Faktors für Bögen von 8° 48' bis zu 60° in Bezug auf die beiläufig schwächste Stelle des Bogens (CLVIII.) Vereinfachung der Reichenbachischen Formel. (CLIX.)

§. 203. Wegräumung des Zweifels gegen die Reichenbachische Formel, welche die Tragkraft flache-

rer Bögen geringer angiebt, als die der stärker gewölbten.

§. 204. Eine Erinnerung gegen die Reichenbachische Formel, weil solche die Tragkraft für jede Stelle, wo die Röhren unter sich keine Verbindung hätten, = o giebt. Hierher gehörige Abänderungen.

§. 205. Eine zweyte Erinnerung in Bezug auf den angenommenen Mittelpunkt der Festigkeit.

§. 206. Eine dritte Erinnerung dagegen in Bezug auf die Art, wie Hr. v. R. die Grösse der Tragkraft aus seinen Betrachtungen ableitet.

§. 207. Noch eine vierte aber minder wichtige Bemerkung gegen die Reichenbachische Formel. Die nach den vorstehenden Bemerkungen abgeänderte Formel (CLX). Ihre Anwendung auf 12 solche Bögen (CLXI). Nähere Einrichtung der letzten Formel bey N neben einander liegenden Bögen (CLXII).

§. 208. Grösse der Tragkraft für N Bögen, wenn die Hälfte dieser Bögen oberhalb und die Hälfte 4 Fuß tiefer unterhalb liegt (CLXIII). Die Reichenbachische Formel giebt die Tragkraft ungefähr doppelt so groß als CLXIII.

§. 209. Abmessungen der Röhren für eine 306' weit gesprengte Brücke, die auf 6 Paaren über einander liegender Bögen ruht, bey der größtmöglichen Belastung der einen Brückenhälfte, zur größtmöglichen dauernden Sicherheit bestimmt.

§. 210. Erforderliche ungeheure Masse der Widerlager.

§. 211. Jene Masse wird durch den Zusammenhang der 12 Bögen im Scheitel um etwa 20000 Zentner vermindert.

§. 212. Flachere Bögen haben zwar bey hinlänglichen Widerlagern eine etwas grössere Tragkraft, aber sie werden den Widerlagern gefährlicher. Bey felsichten Ufern lassen sich sehr flache Bögen gebrauchen.

§. 213. Wesentliche Einrichtung der Wiebekingschen eisernen Brücken.

§. 214. Parallele zwischen der Reichenbachischen und Wiebekingschen Konstruktion. Grosse Schwierigkeiten bey Ausführung der lezteren.

§. 215. Die Tragkraft der Wiebekingschen 306' langen Brücke ist höchstens $\frac{1}{3}$ so groß, als die der Reichenbachischen.

§. 216. Macht man den Brechungshalbmesser der Reichenbachischen Röhren = 9", und trifft man dabey einige hier vorgeschlagene Abänderungen, so versprechen sie eine 10 mal so grosse Tragkraft als die bey der Wiebekingschen Konstruktion, und sind in Bezug auf das, was sie leisten, noch nicht $\frac{1}{3}$ so theuer als die lezteren.

§. 217. Ungegründete Erinnerungen, welche in der Wiebekingschen Schrift gegen die Reichenbachische Konstruktion gemacht werden.

Inhalt des Anhangs.

Dieser Anhang enthält einen vollständigen Abriß von Gautheys grossem Werke über den Brückenbau, welches zu Paris in den Jahren 1809 und 1813 in 2 starken Quartbänden mit XXVII. sehr sauber gestochenen Kupfertafeln erschienen ist. Da dieses Werk jetzt nicht nur in Frankreich sondern auch im Auslande für das beste gilt, was man über den Brückenbau aufzuweisen hat, meine Schrift aber viel früher in des Verlegers Händen war, als ich jenes Werk erhielt, so lag mir eine getreue Darstellung dieses Werks um so mehr am Herzen. Eben darum findet man auch in diesem Anhange mit Sorgfalt alles angezeigt, worin sich das Gautheysche Werk von dem meinigen unterscheidet, wohin auch die Theorie der Gewölbe und die der Futtermauern gehört, ingleichem die von der Kraft, mit welcher Flüsse auf das Bett wirken. In wie fern diese Theorieen an sich statthaft oder von einigem Nutzen für die Ausübung sind, wird man jedesmal von mir bemerkt finden. Auch in Bezug auf das blos technische lernt man nicht nur das ihm eigene Verfahren und die von ihm angenommenen Maximen kennen, sondern ich habe dabey noch Gelegenheiten benutzt, hin und wider meinen Vortrag näher zu erläutern oder weiter auszuführen. Die Leser dieser Schrift werden daher wohl thun, wenn sie in meinem Vortrage überall am Rande die Seitenzahl des Anhangs bemerken, wo von demselben Gegenstande die Rede ist.

Verbesserungen
zum Straßen- und Brückenbau. *)

S. XXIV. Z. 17 st. kuxuriösen l. luxuriösen.
— XXVII. — 7 — Siemit l. Sienit.
— 16 Z. 6 st. Meeresfiächee l. Meeresfläche.
— 19 letzte Z. st. zu halten vermögen l. zu halten.
— 21 Z. 5, 6 und 10 st. { 735 — 200 = 535 l. 1470 — 200 = 1270. / 2940 — 800 = 2140 l. 4 . 1270 = 5080. / 21 bis 22 l. 50 bis 51.
— 33 3te Z. von unten st. häfig l. häufig.
— — Z. 10 st. v l. o.
— 34 9te Z. st. etwaiden l. etwaigen.
— 35 6te Z. st. 4 = 5 l. welche etwa 4 — 5.
— 37 6te Z. von unten st. muß l. muß man.
— 41 3te Z. st. wenn l. wann.
— — 7te Z. st. der l. den.
— 43 17te Z. st. Hohlenbreite l. Sohlenbreite.
— 46 10te Z. von unten st. Verzugs l. Vorzugs.
— 48 2te Z. st. im Steigen l. ein Steigen.
— — 19te Z. st. Ländereyen l. Ländereien.
— 54 9te Z. von unten st. eingeschlagen l. einschlagen.
— 57 4te Z. v. u. st. strömmende l. strömende.
— 61 7te Z. st. bewerkt l. bewirkt.
— 67 Z. 6 st. ax l. axe.

*) Da unter den Druckfehlern auch solche vorkommen, wo der Leser des Textes keinen Fehler vermuthet, so ist es nöthig, die wichtigeren vor Lesung des Buches im Texte zu bemerken. Dann muß ich noch bitten, daß keinem Besitzer dieser Schrift die am Ende des Werks beigefügte Schlußanmerkung entgehen möge.

S. 71 Z. 1 von unten st. werden l. oder doch mit zwischen geworfener Erde ausgedammt werden.
— 73 — 6 st. Winde l. Wiede.
— — — 17 st. Winden l. Wieden.
— 113 — 15 st. Nagelflur l. Nagelflue.
— 116 — 8 st. Coriotsche l. Loriotsche.
— 128 — 3 v. unten st. parallelbi- l. parallelepi-.
— 130 — 8 st. aus verschiedenen Holzarten aus Versuchen l. aus Versuchen mit verschiedenen Holzarten.
— 135 — 3 st. für l. giebt für.
— 144 — 19 st. Bestimmung l. Besteigung.
— 145 — 6 st. 3 — 3 $\frac{1}{5}$″ l. 3 bis 3 $\frac{1}{5}$″.
— 146 — 17 st. der l. der er.
— 147 — 7 st. vollkommen l. vollkommene.
— 150 — 5 v. u. st. der l. den.
— — — 19 st. Pfahl l. Bär.
— 155 — 6 st. 1339 l. 1329.
— 158 — 1 st. $\frac{\tau}{12}$ l. $\frac{T}{12}$.
— — — 18 st. durch l. doch.
— 160 — 2 st. groß l. groß genug.
— 161 — 8 st. geneigt l. gerichtet.
— 168 — 2 st. bey l. nur bey.

Am Ende dieses §. 40. setze man noch hinzu:
Doch findet in der Ausübung noch eine dritte Gattung von Unterlagern statt, nämlich ein Pfahlwerk, das durch die Mehrheit von Pfahlreihen ein Unterlager von bedeutender Breite darbiethet und ein Pfahlpfeiler genennt werden könnte.

— 169 — 6 v. u. st. theils l. theils der Pfahl.
— 176 — 20 st. Querschritt l. Querschnitt.
— 178 — 5 st. noch die l. die.
— 179 — 14 st. ist l. ist die.
— 180 — 3 v. u. st. eines l. jenes.
— 185 — 16. Das Inhaltsverzeichniß zeigt, daß über diesen Gegenstand unten doch noch ein eigenes Kap. beigefügt worden.
— 191 — 8 v. u. st. Höhe l. Sehne.
— 195 — 5 v. u. st. $\frac{1}{2}\lambda^2 - H^2$ l. $\frac{1}{4}\lambda^2 - H^2$
— 196 — 8 st. Kreisbögen l. Kreisbogen.

S. 204 Z. 7 st. $\sqrt{(b^2 + x^2)} - x$ l. $= \sqrt{(b^2 + x_2)} - x$.

— 208 — 16 st. Auch kommt es aber l. Es kommt aber.

— 219 — 8 st. zwölften l. größten.

— 220 — 14 st. Serlio Gauthier l. Serlio, Gauthier.

— 223 — 6 st. überflüssig l. überschüssig.

— — — 23 st. ausgehalten l. auszuhalten.

— 226 — 8 und 15 st. Brückeneröffnungen l. Brückenöffnungen.

— 227 — 4 st. eröffnungen l. öffnungen.

— 231 — 2 st. die l. der.

— 238 — 9 von unten st. 10 l. 70.

— 261 — 12 st. ihre l. ihrer.

— 264 — 16 st. parallere l. paralleie.

— 265 §. 100. Ich finde hier noch eine Bemerkung nöthig:

Die Aufführung eines Damms zu 1 Fuß hoch über den höchsten Wasserstand könnte deßhalb sehr nachtheilig werden, weil man dann genöthigt wäre, aus der eingeschlossenen Baustelle, auch bei niedrigem Wasserstande, die beidringenden Wasser zu einer bedeutenden Höhe zu erheben. Man könnte daher in dem Damme durch Verzimmerung eine Schleußenöffnung mit einer Fallschütze anbringen. Der Abschuß oder die Sohle dieser Schleußenöffnung könnte in der Höhe des niedrigen Wasserstandes liegen. Durch ein eingesetztes Brett könnte dann bei einigem Aufsteigen des Wassers dessen Einsturz in die Baustelle leicht verhindert werden.

— 266 — 13 st. Wellt l. Welle. Zu diesem §. noch folgende Bemerkung:

Es kann auch der Halbmesser der Welle, um welche die Schneckengänge herum geführt werden, 6 — 8 — 10 ja 20 und mehr Zolle betragen. Dann lasse man aber die Welle oder Spindel in Gestalt einer Röhre durch einen Küfer aus Dihlen zu 2 Zoll dick und etwa 5 Zoll breit zusammensetzen, und sie theils mit eisernen theils mit hölzernen Reifen belegen. Die so verfertigte Röhre beschlage man dann ringsherum nochmals

mit Dihlen zu 3 Zoll dick und etwa 5 Zoll breit, welche nach der Länge der Röhre über sämmtliche Reife hinlaufen, also eine zweite Röhrenwand bilden. Diese zweite Röhrenwand lasse man von aussen cylindrisch abrunden, so erhält man eine hohle Welle von erforderlichem Durchmesser, die leichter herum zu drehen ist.

Man kann dieser Welle auch eine konische Gestalt geben, so daß z. B. ihr unterer Durchmesser 16 und ihr oberer 40 Zolle beträgt. Dann wirkt zugleich die Schwungkraft, und man könnte eine solche Maschine eine Schwungschnecke nennen.

— 301 Z. 4 und 6 st. $\frac{a_2\ e_2}{b_2}$ l. $\frac{a^2\ e^2}{b^2}$

— — — 9 st. $\frac{1}{36}$ l. $\frac{1'}{36'}$.

— — Zur Note auf dieser Seite kann man noch beifügen:

Man kann auch auf die $\frac{1}{3}$ Zoll dicke eiserne Scheibe, deren Durchmesser man etwa um 2 Linien kleiner als den der Röhre nimmt, einen Ring von starkem Sohlenleder zu 1 Zoll breit auflegen, der ringsum 1 Linie über die Scheibenfläche hinausgeht, dann auf solchen einen etwa 1 Zoll breiten eisernen Ring, dessen äusserer Durchmesser dem Scheibendurchmesser gleich ist, und nun mittelst 4 — 5 — 6 Schrauben den eisernen Ring stark auf den ledernen anpressen. Hiermit erhält man verliederte Scheiben, welche die hölzernen Röhren weniger ausfressen.

— 326 Am Ende von §. 326. bemerke man noch: Ueberhaupt ist es aber bei dergleichen offenen hölzernen Brücken rathsamer, die Bedihlung gar nicht mit einem Pflaster, sondern mit einem etwa 5 Zoll hohen Balkenlager, nämlich Balken an Balken, zu bedecken.

— 345 Z. 4 st. ausgestruckte l. ausgedruckte.

— 365 — 10 st. 4″ l. 4′.

— — — 1 und 14 von unten st. Schiffung l. Schifftung.

— 366 — 1, 2 und 3 st. Schiffung l. Schifftung.

— 368 — 11 st. 3369 l. 3396.

S. 393 Z. 3 ſt. Zuſtand l. Zuſtandes.
– 394 — 10 von unten ſt. II l. H.
– 407 — 9 v. u. ſt. das l. daß.
– 412 — 5 ſt. 4000 l. 4000 Zentner.
– — — 3 v. u. ſt. vekommen l. gekommen.
– 413 — 8 ſt. $\frac{5}{4}$. 14 = 17, 5″ l. $\frac{5}{4}$. 16,8 = 21″.
– 416 — 7 ſt. 17,5 l. 21.
Hiernach wird der Leſer auch die folgenden Zahlen leicht abändern.
– 442 — 4 ſt. untere Gewölblinie ꝛc. wird es deutlicher ſeyn, ſo zu leſen: mittlere Wölbungslinie einer Rippe ꝛc.
– 469 Hier iſt der letzte Faktor im Nenner (CLVI) $(\text{Sin.}\ \frac{1}{4}\ \theta)^2$.
– 478 — 9 ſt. 4 W l. für W.
– 482 — 4 v. unten ſt. Sin. $\frac{1}{4}\ \alpha$ l. Sin. $\frac{1}{2}\ \alpha$.
– 487 — 11 v. u. ſt. an l. am.
– 497 — 17 ſt. 24, l. 24°
– 536 — 6 ſt. Viellet l. Viallet.
– 541 — 11 ſt. giebt l. gilt.
– 545 — 16 ſt. Bruchfläche l. äuſſere Fläche der hinter der eingeſtürzten Mauer ſtehen gebliebenen Erdmaſſe.
– 546 — 7 ſt. — $(n' + \frac{1}{2}\ n')$ l. — $(n + \frac{1}{2}\ n')$
– 547 — 11 ſt. der Erdtheilchen l. des Zuſammenhangs der Erdtheilchen.
– 552 — 4 und 14 ſt. poligon l. polygon.
– 560 — 4 ſt. ploe l. ploi.
– 561 — 10 ſt. gelehnte l. gelehnten.

Statt des im Holzſchnitte (S. 526.) zwiſchen s und E ſtehenden S muß ein ∂ ſtehen; auch muß F M der U u gleichlaufend und bis an die ∂ n gezogen ſeyn.

Verzeichniß der Schriften des Herrn Verfassers, welche bey den Verlegern dieses Werks erschienen, und in allen Buchhandlungen Deutschlands zu haben sind.

Erläuterung über Kästners Analysis endlicher Größen, 2 Theile. 8. 1777, 1778. 2 fl. 6 kr. — 1 Rthlr. 8 gr.

Arithmetische Abhandlungen über juristische, staats- und forstwirthschaftliche Fragen, Mortalität, Bevölkerung und chronologische Bestimmungen, gr. 8. 1810. 1 fl. 30 kr. — 1 Rthlr.

Einleitung in das Studium der Elementar-Geometrie, Algebra, Trigonometrie, Differenzial- und Integral-Rechnung, der höhern Geometrie und der Dynamik, mit vorzüglicher Rücksicht auf Maschinenlehre. Mit 7 Tafeln auf Stein, gr. 8. 1814. 2 fl. 30 kr. — 1 Rthlr. 12 gr.

Neuere Erweiterungen der mechanischen Wissenschaften, besonders zur Vervollkommnung der Maschinenlehre, mit Anwendungen auf Getreidemühlen, Sägemühlen, Stampfmühlen, Hammerwerke, Röhrenleitungen, Kanäle u., mit 1 Kupfer, gr. 8. 1816. 3 fl. — 2 Rthlr.

Leichtfaßliche Anleitung zur Analysis endlicher Größen und des Unendlichen, so wie zur höhern Geometrie, mit 3 Kupfertafeln, gr. 8. 1817. 4 fl. 30 kr. — 3 Rthlr.

Gemeinfaßliche durchaus auf Erfahrung gegründete Anleitung zum Straßen- und Brückenbau, nebst einem Anhange über die Gautheysche Brückenbaukunde, gr. 8. mit 22 Kupfertafeln in quer Folio. 1817.

Auf Schreibpapier Ladenpreis 22 fl. — 12 Rthlr.
Pränumerationspreis gegen baare Zahlung 18 fl. — 10 Rthlr.
Auf Druckpapier Ladenpreis 18 fl. — 10 Rthlr.
Pränumerationspreis gegen baare Zahlung 15 fl. — 8 Rthlr.

Die übrigen Werke des Herrn Verfassers, welche bey andern Verlegern erschienen sind, so wie dessen Uebersetzungen der mechanisch-hydraulischen Werke von Prony, Bossut und Bernard, mit vielen Anmerkungen des Herrn Uebersetzers, sind auch bey uns, so wie in allen Buchhandlungen zu haben.

Der Straßenbau.

Digitized by Google

§. 1.

Die Straßenbaukunde, welche die Brükenbaukunde mit unter sich begreift, macht einen sehr wichtigen Theil der Ingenieurwissenschaften aus, welche selbst wieder zu den Kameralwissenschaften gehören.

Diese begreifen nämlich alle diejenigen Kenntnisse unter sich, welche nöthig sind, Objekte des Eigenthums zu produciren, zu vervollkommnen, und ruhig zu genießen, und diejenigen Anstalten im Staate zu treffen, wodurch die wenigst lästige Gewinnung und die weiseste Verwendung derjenigen Revenüen für die Staatskasse möglich wird, welche für die Vereinigung aller Einzelnen zu einer möglichst glücklichen Gesellschaft nothwendig sind.

Die Kenntnisse zur Producirung solcher Objekte des Eigenthums erlangen wir durch:

1) Die Landwirthschaft.
2) — Forstwirthschaft.
3) — Berg- und Salzwerkskunde.
4) — Technologie im Allgemeinen.
5) — Ingenieurwissenschaften.

Die übrigen oben erwähnten Kenntnisse gehören 6) zur Polizey und 7) zur Staatsökonomie.

Als Hülfswissenschaften gehören zu dem Kameralstudium noch:

8) Die gemeine Arithmetik und Analysis.

9) — Geometrie und ebene Trigonometrie.
10) — Feldmeßkunde.
11) — mechanischen Wissenschaften überhaupt, und insbesondere die Maschinenlehre.
12) — Chemie.
13) — Botanik.
14) — Mineralogie und Geognosie.
15) — Staatsrechnungslehre.
16) — Zeichnungslehre.

Zu den Ingenieurwissenschaften (Nro. 5.) gehören Nro. 8 bis 12, und Nro. 16., außerdem als einzelne Theile.

17) Die bürgerliche Baukunst.
18) — Straßen- Brücken- und Brunnenbaukunde.
19) — Mühlenbaukunst und die übrigen Theile der Wasserbaukunst überhaupt.

§. 2.

Von hierher (zum Straßenbau) gehörigen Schriften kann man folgende merken:

1) Gautier, Traktat von der Anlegung und dem Bau der Wege und der Stadtstraßen. Leipz. 1759.
2) Voch, Abhandlung vom Straßenbau. Augsburg 1776.
3) v. Lüdner, vollständiger Unterricht aller beym Straßenbau vorkommenden Fälle. Frankfurt 1779.
4) Wahl, aus Erfahrung gesammelter theoretisch-praktischer Unterricht im Straßen- und Brückenbau. Zweyb. 1786.

5) Drey Abhandlungen (Preißschriften) über den Straßenbau. Berl. 1788.
6) Krunitz, von den Landstraßen- und Chausseenbau. Berl. 1794.
7) Schütte, kurze Anleitung zum Straßen- und Chausseenbau. Halberstadt 1794.
8) Scheyer, praktisch-ökonomische Straßenbaukunst. Leipz. 1796.
9) Unterricht und praktische Anleitung zum Straßenbau. Dresden 1798.
10) Wiebeking, praktische Anleitung zur Aufführung, Wiederherstellung und Erhaltung bequemer und das Kommerz befördernder Landstraßen. Wien 1804.
11) Schemerl, ausführliche Anweisung zur Entwerfung, Erbauung und Erhaltung dauerhafter und bequemer Straßen, 3 Theile. Wien 1807.
12) Wiebeking, theoretisch-praktische Straßenbaukunde. Sulzbach 1808.
13) Gerstner, Betrachtungen über Frachtwägen und Straßen, in mechanischer, kommercieller und staatswirthschaftlicher Hinsicht. 1813.
14) Kurze praktische Anleitung zur Anlegung und Erhaltung der Kunst- und Landstraßen, zum Gebrauch bey Vorlesungen und zur Selbstbelehrung für angehende Straßenbau-Beamte, von van Alten, Geh. Oberbaurath ꝛc. Berlin 1816.
15) Der vorstehende Verf. nennt eine so eben erschienene: Kurze Anweisung der kö-

nigl. Preuß. Oberbaudeputation zur Anlegung, Unterhaltung und Instandsetzung der Kunststraßen. Berlin 1814. (Ohne Zweifel hatte Hr. v. Alten seine Anleitung schon im J. 1814 geschrieben).

16) Taschenbuch für Straßenbaubeamte, von Wesermann. Düsseldorf 1814.

Die Nummern 11, 12 und 16, machen die übrigen entbehrlich.

Auch gehören hierher:

17) Ueber die Eisenbahnen der Engländer; in der Berliner Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten die Baukunst betreffend, I. B. 1787.

18) Neue Theorie des Straßenbaues und über den Gebrauch der Eisenbahnen zu leichter Fortschaffung großer Lasten. Leipz. 1801.

19) Mönnich, über das Mechanische der Fuhrwerke; in den neuen ökonomischen Nachrichten der patriotischen Gesellschaft in Schlesien, III. Bd. Breslau 1782.

20) Müller, Versuch einer systematischen Abhandlung über das Fuhrwesen. Gött. 1787.

21) Kröncke, Versuch einer Theorie des Fuhrwerks, mit Anwendung auf den Straßenbau. 1802. *)

s. auch §. 19. und §. 58.

---

*) Zur Verbesserung einer bedeutenden Klasse von Fuhrwerken gehört die neue sehr wichtige Erfindung unseres berühmten v. Reichenbach, in Bezug auf eine neue Einrichtung der Tragfedern.

§. 3.

Straßen sind das Mittel, wodurch die mannigfaltigen Glieder eines Staates an einander geknüpft, und Staaten mit Staaten verbunden werden; sie erleichtern dem Landmann den Verkauf mühsam erzogener Naturprodukte; dem Städter die Beyfuhr roher Materialien, und die Versendung verfertigter Waaren. Fabriken und Manufakturen können ohne sie nicht empor kommen. Reisende und Fuhrleute verabscheuen solche Gegenden, wo man es nur ihrer Kunst überläßt, in bodenlosen Wegen nicht zu versinken, oder sich über Gräben, Bäche, und zerrissene Felsen glücklich durchzuarbeiten. Daher verschwinden für die bedauernswürdigen Bewohner solcher Gegenden unzählige Vortheile, die großentheils unnachläßliche Bedingungen des Wohlstandes sind, von welchem zugleich die Kräfte des Staats abhängen.

Die Römer erkannten die Wichtigkeit der Straßen so sehr, daß sie dem August, dem Vespasian und Trajan wegen ihrer Verdienste um Erbauung und Verbesserung der Straßen, Ehrensäulen setzten.

Dennoch wurden diese Anlagen theils aus Unbekanntschaft mit ihrer Wichtigkeit für den Staat, theils aus übel angebrachter Sparsamkeit, in andern Reichen Europens noch viele Jahrhunderte hindurch äußerst vernachläßigt.

Ohngeachtet Frankreich in früheren Anstrengungen der Art als Muster diente, so fehlte es doch auch dort selbst noch unter der lieberalen und glänzenden

Regierung Ludwigs des XIV. an Anstalten zum Straßenbau. Daher war damals Paris beynahe noch außer aller Verbindung mit den Provinzialstädten. Diese Verbindung wurde durch Ludwig XV. schon mit den wichtigsten Städten Frankreichs bewirkt; ihre Ausdehnung wurde nach und nach immer größer; und unter der Regierung Napoleons wurden neue unermeßliche Summen darauf verwendet. Nach der am 23. Febr. 1813. vom Minister des Innern der gesetzgebenden Versammlung vorgelegten Berechnung beträgt diese Summe seit Napoleons Thronenraub 277 Millionen Franken. Auch im südlichen Teutschland, wie im Oesterreichschen, Bayrischen, Würtembergischen, Badischen und Hessischen ꝛc. ꝛc. sind auf diesen Gegenstand verhältnißmäßige Summen verwendet worden.

§. 4.

Die am Anfange des vor. §. erwähnten Vortheile erbauter Straßen erheben solche zu einem der wichtigsten und nothwendigsten Staatsbedürfnisse, folglich auch den dazu erforderlichen Aufwand zu einer der unnachläßlichsten Staatsabgaben, die durch die Beyträge der Unterthanen zur Staatskasse bestritten werden müssen.

Zu jenen Vortheilen kommen aber noch einige andere; 1) die jährlichen Revenüen, welche durch den zur Erbauung der Straßen verwendeten Kapitalbeytrag als Chausseegelder gewonnen werden. 2) die Zirkulation des Geldes, welches aus den Händen

der Reicheren und der Mittelklasse in die Hütten der Aermeren übergeht.

Ich setze hierbey ein solches Steuersystem voraus, wobey der Arme durch seinen Antheil an jenem Kapitalbeytrag keinen merklichen Druck leidet.

Durch die gestiftete jährliche Einnahme an Chausseegeldern können wieder andere Staatsausgaben bestritten werden. Um soviel also die Staatseinnahme hierdurch vergrößert wird, um eben soviel fallen die erforderlichen Abgaben zur Staatskasse geringer aus. Diesen Vortheil genießen diejenigen Ortschaften und Gegenden mit, durch welche die neuen Straßen nicht durchziehen.

Hierzu kommt noch, daß diejenigen Gegenden, durch welche die neuen Straßen durchziehen, welche also am unmittelbaren Vortheil derselben Theil nehmen, in ihrem Wohlstande allmählig gewinnen, daß also die Bewohner dieser Gegenden nach und nach immer mehr zur allgemeinen Steuer beytragen. Da nun die Abgaben allemal den Staatsbedürfnissen angemessen seyn müssen, so gewinnen hiermit wieder zugleich die Bewohner ärmerer Gegenden.

Aus diesem allem erhellet die Gerechtigkeit der Forderung, daß alle Staatsbürger verhältnißmäßig an den Kosten einer neuen Straße Theil nehmen müssen, oder daß die Kosten dafür aus der allgemeinen Staatskasse bestritten werden, und daß die Ortschaften, durch welche die neue Straße durchzieht, deßhalb nicht mit einem besonderen Beytrage belastet werden können, und dieses um so weniger,

da auch solche Ortschaften von Durchmärschen in Kriegszeiten mehr als andere leiden. *)

§. 4.

Soll der Straßenbau die durch ihn mögliche Vortheile wirklich bringen, so muß der Reisende überall Vorkehrungen bemerken, die dem Zwecke entsprechen, ihm das Fortkommen auf alle Weise zu erleichtern und angenehm zu machen. Zu dem Ende muß der Straßenzug im Allgemeinen zweckmäßig angegeben, und der Bau der Straße an sich selbst dauerhaft, bequem und von aller Gefahr frey seyn; auch die Schönheit darf nicht ganz aus den Augen gesetzt werden. Es lassen sich alle dieserhalb eintretende Erfordernisse auf 8 Punkte zurückführen:

I. Richtige Wahl und Anordnug des Straßenzugs in Rücksicht auf die Verbindung der Haupthandlungs- und Gewerbsplätze.

II. Zweckmäßige Anordnung in Rücksicht auf Sicherheit.

---

*) Es ist kaum begreiflich, wie man zu dem Gedanken kommen konnte, vor einem Ort (Dorfe, Flecken u. d. gl.) eine Straße abzubrechen, und hinter solchem dieselbe erst wieder anfangen zu lassen. Solch ein Unsinn ist kaum der Rüge werth. Ist der Ort selbst zur Durchführung der Straße nicht geeignet, so führe man solche ohne Unterbrechung am Orte vorbey, und zwar auf der Seite, welche von Wind und Sonne am meisten begünstigt wird. Uebrigens gehört die Unterhaltung der durch einen Ort geführten Straße offenbar so gut zur Staatskasse als die Unterhaltung des übrigen Theils der Straße.

III. Hinlängliche Erhöhung der Straßen zum Schutz gegen das Wasser.
IV. Vermeidung der Hohlwege.
V. Festigkeit des Bodens und der Seitenwände.
VI. Gehörige Breite der Straßen.
VII. Vermeidung allzustarker Abweichungen von der horizontalen Lage.
VIII. Anstalten zum Vergnügen und zur Befriedigung mancher Nebenbedürfnisse des Reisenden.

Von diesem allem in den folgenden §. §.

§. 6.

I. Zuerst muß auf die Verbindung der Haupthandlungs- und Gewerbsplätze unter einander und mit kleineren Städten Rücksicht genommen werden.

So fehlte es z. B. noch vor wenig Jahren an einer guten Straße von Metz nach Mainz, um Paris mit den teutschen Handelsplätzen zu verbinden. Diese jetzt treffliche Straße ist mit einem Aufwande von 5 Millionen Franken hergestellt worden. Noch im Jahr 1809 hatte man keine Straße von Wesel nach Hamburg. Die französische Regierung, welche diese lange Strecke Teutschlands durch Napoleons frühere Siege und willkührliche Räubereyen als Theil des französischen Reichs ansahe, bestimmte zu dieser Straße 9800000 Franken; sie ist mit einem wirklichen Aufwande von mehr als 6 Millionen bereits (zu Ende des J. 1813) großentheils hergestellt.

Um Wesel mit Mastricht zu verbinden, wurden 2100000 Franken verwendet. Antwerpen sollte mit Amsterdam durch eine neue Straße

verbunden und hierauf 6300000 Franken verwendet werden; sie ist größtentheils hergestellt.

So sind Frankfurt, Nürnberg, Hannover, Dresden, Leipzig, Berlin, Hamburg unter sich und mit kleineren Städten durch große Hauptstraßen verbunden. Der Zweck solcher Anlagen muß immer der bleiben, Ab- und Zufuhr möglichst zu erleichtern, um hiermit alle Handelsverkehre soviel möglich zu befördern.

So sehr nun auch die Bewohner armer und unfruchtbarer Gegenden für sich schon zu bedauern sind, so wenig kann dennoch bey Bestimmung eines Straßenzugs auf solche besondere Rücksicht genommen werden, wenn diese Rücksicht mit jenem Hauptzwecke in Widerspruch käme. Es wäre sehr zweckwidrig, wenn man Reisende nöthigen wollte, unverhältnißmäßige Umwege zu nehmen, um nur Nebenstädtchen Anweisungen auf den Beutel des Fremden zu geben.

Es ist ein noch nicht überall erloschener höchst verderblicher Grundsatz, daß man bey Anlegung der Straßen darauf sehen müsse, den Fremden möglichst lange im Lande zu erhalten, um den größtmöglichen Vortheil von seinem Beutel zu ziehen.

Dieser Grundsatz hat sogar schon verleitet, in einzelnen Gegenden den Straßenbau ganz zu unterlassen, oder die Straßen über steile Anhöhen zu führen, um den Bewohnern solcher Gegenden auch noch den Vortheil des Vorspanns zufließen zu lassen.

Begreiflich wird durch das langsame Fortkommen die Zahl der Reisenden und Frachtfuhren ver-

mindert. Schlechte Wege ſucht man wo möglich zu umgehen.

So lange man durch Böhmen und Mähren keine ordentliche Straßen hatte, nahmen die Fabrikanten von Lemberg und Brody in Galizien ihren Weg nach Leipzig durch Schleſien, wo die Straßen wenigſtens minder ſchlecht waren. Sobald aber eine gute Straße durch Böhmen und Mähren angelegt war, folgten ſie alle dieſer neuen Straße, ob dieſe gleich einen Umweg von 40 Meilen machte.

Wenn aber auch eine ſolche ſchlechte Straße wirklich nicht ſollte umgangen werden können, ſo darf man nur erwägen, daß die Nachtheile des langſamen Fortkommens nicht blos auf Auswärtige fallen, ſondern ſelbſt auf die Unterthanen deſſelben Landes.

Der Landmann, welcher ſeine eigene Bedürfniſſe beyführt oder ſeine Produkte zur Stadt bringt, empfindet dieſen Nachtheil ſowohl im Zeitverluſt als in der größeren Anſtrengung ſeines Viehes. Waaren ſowohl als Naturprodukte, welche außer Land geführt werden, finden bey den durch die vergrößerten Transportkoſten bewirkten höheren Preißen geringeren Abſatz. Auswärtige Waaren oder auch rohe Materialien, welche eingeführt werden, kommen aus gleichem Grunde in dieſem Lande höher zu ſtehen. Es wäre aber eine offenbare Ungerechtigkeit und höchſt falſche Staatsmaxime, dem Ganzen zu ſchaden, um nur einigen Einzelnen einen Vortheil zuzuweiſen.

Dagegen darf es aber auch der Reiſende nicht unbillig finden, wenn der für ſein Fortkommen

wachende Staat ihm kleine Umwege zumuthet, um bey so kostbaren Anlagen gewisse Vortheile zu benutzen, die dem Staate und zuweilen ihm selbst wieder zu statten kommen.

Dahin gehören 1) solche Umwege, welche die Kosten des Straßenbaues und seiner Unterhaltung mindern, nämlich:

a) Wenn eine Gegend sehr uneben und felsicht, und deßhalb zum Straßenbau sehr schwer und kostbar zu bearbeiten ist.

b) Wenn der Boden in einer Gegend brüchicht und sumpfig wäre.

c) Wenn man Bäche mit einer Straße durchschneiden, also kostbare Brücken erbauen müßte.

d) Wenn eine Gegend öfteren Ueberschwemmungen ausgesetzt wäre, besonders im Frühjahre bey aufgehendem Schnee.

e) Wenn in einer Gegend Hohlwege unvermeidlich wären.

f) Wenn eine Gegend an den zum Straßenbau nöthigen Materialien Mangel hätte.

2) Umwege, die zu Ortschaften führen, denen die Natur vorzüglich günstig ist, wo also die Reisenden nicht nur hinlängliche Befriedigung für ihre Bedürfnisse finden, sondern von welchen her auch die Naturerzeugnisse auf der neuen Straße zur Stadt gebracht werden können.

Es ist hier besonders von solchen Ortschaften die Rede, welche zum Anhalten der Fuhrleute um die Mittagszeit und zum nächtlichen Aufenthalte gewählt

werden können. Der Umstand, daß solche Ortschaften etwa in Bezug auf Gastwohnungen, auf Bäcker, Metzger, Schmiede, Wagner, Wein und anderes Getränke nicht zur Aufnahme der Reisenden geeignet seyen, steht hier nicht im Wege, wenn sie sonst von der Natur so begünstigt sind, daß sich diejenigen Anstalten treffen lassen, welche die erforderliche Nahrung für Menschen und Vieh gewähren. Denn in diesem Falle wetteifern die Bewohner, durch die Begierde, ihren Wohlstand zu verbessern angetrieben, von selbst, jene Anstalten zu treffen.

Kann unter der vorstehenden Bedingung ohne Nachtheil für das Kommerzwesen ärmeren Ortschaften aufgeholfen werden, so erfordert es der allgemeine Staatszweck, auf diese bey der Anlegung einer neuen Straße vorzüglich Rücksicht zu nehmen.

Da übrigens die Ortschaften nicht bey den Reisenden, sondern die Reisenden bey den Bewohnern der Ortschaften Wohnung und Nahrung finden, so sagt Schemerl in dem oben angeführten Werke sehr unrichtig:

> Man müsse die Straßen nicht nach den Oertern, sondern die Lage der Oerter nach den Straßen bestimmen, den Straßenzug aber so nehmen, wie er für das Kommerzwesen am bequemsten sey.

Zur Erbauung neuer Ortschaften müssen erst neue Ländereyen gewonnen werden. Darauf aber, daß solches je etwa durch Ausrodung einer Waldstrecke einmal möglich gemacht werden könnte, kann keine dergleichen allgemeine Regel begründet werden.

Zuweilen werden Straßen nur zu militärischen Zwecken erbaut. So hielt z. B. Napoleon die neue Straße, welche von Glitz aus über den Simplon bis Domo d'Ossola auf eine Länge von 8 1/2 teutschen Meilen zu einer Höhe von 6174 Fuß (Paris.) über die Meeresfläche steigt, für nothwendig zu militärischen Verbindungen mit Italien. In solchen und anderen außerordentlichen Fällen kann freylich der Straßenzug nicht durch die Lage vorhandener Ortschaften bestimmt werden, sondern er muß dem besondern Zwecke entsprechen. Daraus läßt sich aber Schemerls allgemeine Regel nicht ableiten. Auch hat deßhalb Napoleon keine neue Ortschaften auf dem Simplon angelegt, sondern nur ein Gebäude zur Bewirthung auf dem Gipfel dieses Gebirges. So findet man im Badischen auf der Straße über den Schwarzwald hin und wider einzelne Gebäude mit Wirthschaft.

§. 7.

II. Mit Recht fordert der Reisende Sicherheit der Straßen in jeder Bedeutung des Worts; also Sicherheit nicht nur gegen Gefahren, die der Weg selbst droht, sondern auch gegen gewaltsame Angriffe, deren Wegräumung ohnehin schon Folge einer sonst wachsamen Polizey ist.

Man vermeide daher beym Straßenzug alle jähe Abhänge. Hierbey muß vorzüglich auf die Winterszeit Rücksicht genommen werden.

Auf einem festen rauhen Wege kann ein mittelmäßiges Pferd immer noch einen Schub von 70 bis

80 Berl. Pf. aushalten, wofür wir, um der Sicherheit willen nur 70 setzen wollen; dabey muß das Pferd horiz. stehen.

Aber bey glatten Bahnen, wie im Winter, wo das abhängig stehende Pferd einen weit schwächeren Anhalt auf dem Boden hat, können wir jene 70 Pf. nicht annehmen.

In Teutschland wird das Gewicht, welches ein Fuhrmann einem Pferde zu ziehen zumuthet, mit Inbegriff des leeren Fuhrwerks nicht leicht über 16 Zentner betragen; wir wollen aber zur Sicherheit 18 Zentner annehmen, um die Größe des Schubs nicht zu gering in Rechnung zu bringen.

Der Neigungswinkel der Straße sey = β, so können wir für die zuweilen eintretenden Winterbahnen, wobey das Pferd selbst abhängig steht, seine Kraft zum Anhalten gegen den Schub nicht über (1 — 3. Sin. β). 70 Pf. annehmen. *)

Weil der Fuhrmann, dem es um Sicherheit zu thun ist, allemal mit einem Radschuh versehen seyn muß, so dürfen wir solchen als Mittel gegen die Ge-

*) Das Verhältniß zwischen Kraft und Last bey einem Fuhrwerke hängt nothwendig von der Dicke der Axen, der Höhe der Räder, dem Grade der Eben- oder Unebenheit und Härte der Straßenbahn, und von der Schmiere der Radaxen ab. Daher finden hier nur beyläufige Bestimmungen statt, wie man sie im Durchschnitt genommen von gewöhnlicher Beschaffenheit unserer Straßen und Fuhrwerke gelten lassen kann, ohne gerade eine große Vollkommenheit bey solchen vorauszusetzen.

fahr hier allemal voraussetzen *). Hiermit wird die beym Schube zu überwindende Reibung beträchtlich vergrößert. Aber zu der beabsichtigten Sicherheit wollen wir sie doch nur zu $\frac{1}{12}$ vom ganzen Gewicht des Fuhrwerks mit der Ladung annehmen.

Das Gewicht der Ladung sey für ein Pferd $= Q$, das eines leeren einspännigen Fuhrwerks $= q$, so ist die Größe des Schubs bey einem Pferd $= (Q + q) . \text{Sin} . \beta - \frac{1}{12} (Q + q)$ und für N Pferde $= N . (Q+q) . (\text{Sin}\ \beta - \frac{1}{12})$. Vielspannige Fuhrwerke haben auch schwerere Lastwägen, daher ich zur Sicherheit diesen Ausdruck nehme.

Für das Gleichgewicht des Schubes mit dem Widerstande hätte man also, wenn n Pferde widerstehen und N Pferde zum Ziehen vorgespannt sind

$$n . (1 - 3 . \text{Sin}\beta) . 70 = N . (Q + q) . (\text{Sin}\ \beta - \tfrac{1}{12}) \quad (\odot$$

Dieses giebt

$$70 . n - 210 . n . \text{Sin}\ \beta = N . (Q+q) . \text{Sin}\ \beta - \frac{N . (Q+q)}{12}$$

$$(N . (Q+q) + 210 . n) . \text{Sin}\ \beta = 70 . n + \frac{N . (Q+q)}{12}$$

also:

*) Man muß wohl merken, daß ich hier nur von Nothfällen rede, wo es auf die Bedingung ankommt, unter welcher die Führung einer Straße noch möglich bleibt.

$$\text{I. } \operatorname{Sin}\beta = \frac{70 \cdot n + \frac{N \cdot (Q+q)}{12}}{210 \cdot n + N \cdot (Q+q)}$$

Die Gleichung ⊙ giebt auch

$$Q+q = \frac{n \cdot (1-3 \cdot \operatorname{Sin}\beta) \cdot 70}{N \cdot (\operatorname{Sin}\beta - \frac{1}{12})}$$

also

$$\text{II. } Q = \frac{n \cdot (1-3 \cdot \operatorname{Sin}\beta) \cdot 70}{N \cdot (\operatorname{Sin}\beta - \frac{1}{12})} - q$$

welches die Ladung für 1 Pferd ist, hieraus folgt

III. Ladung für N Pferde

$$= \frac{n \cdot (1-3 \cdot \operatorname{Sin}\beta) \cdot 70}{\operatorname{Sin}\beta - \frac{1}{12}} - N \cdot q$$

für die Forderung, daß beym Abwärtsfahren die Pferde auch bey glatter Winterbahn dem Schub des Wagens noch ohne besondere Anstrengung sollen widerstehen können.

Weil nun blos die beyden Hinterpferde dem Schube widerstehen, so kann man allgemein $n = 2$ setzen.

Folgerungen.

1) Wir können von einer Winterbahn nicht mehr verlangen, als daß die beyden Hinterpferde allemal vermögend bleiben, einen mit 6 . 1600 Pf. beladenen sechsspännigen Wagen ohne große Anstrengung zurück zu halten vermögen. Dabey

können wir für jedes Pferd $q = 200$ Pf. setzen, also $Q + q = 1800$ Pf.

Hiernach wird für eine hinlänglich sichere Winterbahn aus I.

$$\text{Sin } \beta = \frac{140 + \frac{6 \cdot 1800}{12}}{420 + 6 \cdot 1800} + \frac{1040}{11220} = \frac{1}{11}$$

d. h. die Straße darf auf die Länge von 11 Fußen um 1 Fuß fallen, um auch auf einer Winterbahn (die übrigens frey von Eis ist) mit einem Radschuhe noch sicher genug abwärts fahren zu können. Eis macht selbst horizontale Bahnen gefährlich.

2) Ist β so groß, daß $\text{Sin } \beta = \frac{1}{12}$ wird, so ist die Größe des Schubs für die Ladung von N Pferden.

$$N \cdot (Q + q) \cdot (\text{Sin } \beta - \tfrac{1}{12}) = 0$$

Dann bedarf es also gar keines Widerstandes gegen den Schub, so groß auch immer Q seyn mag.

Daher giebt die Gleichung II. für diesen Fall

$$Q = \text{unendlich.}\ *)$$

Wäre $\text{Sin } \beta < \frac{1}{12}$, so würde in II. der Werth von Q verneint d. h. der erforderliche Widerstand gegen den Schub wird jetzt so bestimmt, als wäre die Ladung verneint, weil die Pferde jetzt nicht nur nichts zurückzuhalten haben, sondern sogar noch Zugkraft anwenden dürfen, um den Wagen zum Abgleiten zu bringen.

*) D. h. in diesem Falle mögte die Ladung so groß seyn als man immer wollte; es würde der Schub für die Pferde nie gefährlich werden.

Soll daher Q aus II. einen bestimmten bejahten Werth erhalten, so muß man $\text{Sin}\,\beta > \frac{1}{12}$ nehmen.

Es sey z. B. $\text{Sin}\,\beta = \frac{1}{10}$, so wird aus II. für eine 4spännige Fuhr

$$Q = \frac{2 \cdot (1 - 0{,}3) \cdot 70}{4 \cdot (\frac{1}{10} - \frac{1}{12})} - 200 = 735 - 200 = 535 \text{ Pf.}$$

und für die 4 Pferde = 2940 — 800 = 2140 Pf.
d. h. für eine Straße, die schon auf die Länge von 10 Fußen um 1 Fuß fällt, dürfte man bey glatten Winterbahnen einem Fuhrwerk mit 4 Pferden nur etwa 21 bis 22 Zentner Ladung geben.

In Bezug auf Sicherheit muß auch da, wo steile Abhänge oder steil anstehende Wände, welche durch Einsturz die Straße verschütten könnten, oder wo anstossende Flüsse, Seen u. d. gl. den Fuhrwerken und Wanderern gefährlich werden, auf zweckmäßige Vorkehrungen Bedacht genommen werden. Hiervon in der Folge.

Zur Verminderung der Gefahr gegen räuberische Angriffe sowohl, als auch um überhaupt bey vorkommenden Unfällen nicht in zu großer Ferne Hülfe suchen zu müssen, muß man überdas den Straßenzug so zu leiten suchen, daß man, wo möglich, nirgends über eine halbe Meile zurücklegen darf, ohne durch einen Ort oder nahe vorbey zu kommen. Dieses ist auch noch ein neuer Grund, warum man genöthigt werden kann, bey Bestimmung des Straßenzugs vorhandenen Ortschaften zu folgen.

Müssen Straßen durch Waldungen geführt werden, so ist es eben auch um der Sicherheit willen nöthig, alle Wendungen soviel möglich zu vermeiden, oder da, wo solche nothwendig werden, den Wald auf eine gewisse Strecke mehr licht zu lassen. Forstbehörden, die gewöhnlich nichts anders als das Fortkommen der Wälder berücksichtigen, müssen in solchen Fällen zurecht und mit ihren Einsprüchen abgewiesen werden.

Außerdem ist es Pflicht der Polizey dafür Sorge zu tragen, daß das Militär in Gegenden, welche räuberischen Angriffen günstig sind, besonders bey Nachtzeiten durch bewaffnete Reuter Sicherheit gewähre. Dafür wäre es billig, daß an der Stelle, wo das nächste Chausseegeld erlegt wird, auch von den nach einer gewissen Stunde in der Nacht ankommenden Reisenden eine kleine Abgabe für die Reuter als Geleitsgeld entrichtet würde. In manchen Gegenden könnte eine solche Abgabe auch auf Reisende bey Tage angewendet werden

Ueberhaupt muß man aber einen Straßenzug durch Waldungen so lange als möglich zu vermeiden suchen. Ein anderer Grund dieser Forderung kommt in der Folge vor (§. 13.)

§. 8.

III. Die Straße muß eine solche Erhöhung haben, daß die Oberfläche des vom Schnee und Regen entstehenden oder des beym Austreten eines Bachs oder Flusses sich verbreitenden Wassers nie die ordentliche Oberfläche der Straße erreichen kann. Das

Uebertreten des Wassers an einzelnen geflissentlich angebrachten Vertiefungen der Straße kann zuweilen gestattet aber auch unschädlich gemacht werden.

Die Erhöhung der Straße hat noch den besondern Nutzen, daß der Schnee sich nicht so leicht darauf häufen kann, sondern durch die Winde eher verwehet wird, und die Straße schneller austrocknet.

Das Maaß der Erhöhung hängt von der Beschaffenheit der einzelnen Gegenden ab, die man in dieser Hinsicht genau kennen muß.

Vorzüglich muß hierbey darauf gesehen werden, daß die Straße nicht selbst dem Abflusse des Wassers Hindernisse entgegensetze, und Anschwellungen bewirke. Ebendarum steht der Brückenbau mit dem Straßenbau in der engsten Verbindung.

§. 9.

Hohlwege dürfen nur im äußersten Nothfalle gestattet werden. Im Sommer werden sie von jedem Gewitterregen verflößt, und weil sie weder von der Sonne frey beschienen noch von den Winden bestrichen werden können, so ist gewöhnlich die Austrocknung noch nicht erfolgt, wann wieder ein neuer Regen einfällt. Zur Winterszeit werden sie mit Schnee angefüllt und oft Monate lang ganz unfahrbar gemacht.

Daher bedürfen auch solche Hohlwege ewiger Ausbesserungen, und selbst ihre erste Anlage wird nicht selten dadurch äußerst kostspielig, daß die zu beyden Seiten anstehenden Wände sehr oft mit Fut-

termauern versehen werden müssen. Hiervon in der Folge (§. 38.)

Eine Mittelgattung zwischen freyen Straßen und Hohlwegen sind Straßen zwischen Gebäuden, Mauern und hohen Zäunen. Ihr Schutz gegen Wind und Sonne verhindert oder verzögert die Austrocknung. Man muß also solche Stellen bey Anlegung einer neuen Straße zu vermeiden suchen; sind aber freye Straßen angelegt worden, so muß von Polizey wegen dafür gesorgt werden, daß durch dergleichen Neuerungen der schon vorhandenen Straße kein Nachtheil zugefügt werde.

Ich würde daher fordern, daß ein solches Gebäude in einer Entfernung von der Straße abliegen müsse, die wenigstens doppelt so groß als die Höhe des Gebäudes wäre, oder daß ein solches Gebäude (Mauer, Zaun ꝛc.) nur bis zu einer Höhe aufgeführt werden dürfte, welche höchstens die Hälfte seiner Entfernung von der Straße betrüge.

§. 10.

V. Die Straßen müssen nicht nur aus festen Materialien aufgeführt werden, sondern es muß auch die Lagerung derselben und die Form des ganzen Straßenkörpers so beschaffen seyn, daß dadurch die Dauer der Straße verbürgt wird. Leider giebt es keine diesem Zwecke ganz entsprechende Materialien; in manchen Gegenden ist man sogar genöthigt, zu minder tauglichen seine Zuflucht zu nehmen. Der Straßenbaumeister muß die mehr oder minder tauglichen von einander zu unterscheiden wissen, und die Mittel zur Unterhaltung der Straßen kennen.

§. 11.

Die ordentlichen Straßenbaumaterialien liefert uns die Natur aus dem Steinreiche. Dahin gehören:

I. Aus dem Kalkgeschlechte:

a) der dichte Kalkstein.

b) der körnige Kalkstein.

c) der Stinkstein.

d) der Tuphstein, Kalksinter, in sofern er von fremdartigen Materien (Vegetabilien) frei ist.

Die Gypsarten sind wie alle übrige Steinarten des Kalkgeschlechts zum Straßenbau unbrauchbar.

II. Aus dem Thongeschlechte:

a) der Hornblendeschiefer.

b) der Basalt ganz vorzüglich.

c) der Trapp.

III. Aus dem Kalkgeschlecht:
der Serpentin.

IV. Aus dem Kieselgeschlechte:
der Quarz und alle kieselartige Steine, deren kleinsten Theile kieselartig zusammenhängen.

V. Von den gemengten Gebirgsarten:

a) der Granit

b) der Gneis

c) Sienit, ist durch beigemengte Hornblende vom Granit verschieden.

d) Porphyr, enthält in einer mit vieler Kieselerde zu einem kieselartigen Ansehen erhärteten Hauptmasse mehr oder weniger

kennbar eingemischte Feldspatkörner oder Feldspathkristallen, oft auch noch andere zufällige Gemengtheile.

e) Mandelstein, eine erhärtete eisenhaltige thonichte Gebirgsart mit kleinen elliptischen Höhlungen, die mit fremdartigen Fossilien ausgefüllt sind oder es waren. Doch hat er nicht immer die erforderliche Festigkeit.

f) Breccien, bestehen aus zusammengekütteten grösseren oder kleineren Trümmern anderer zerstöhrter Gebirgsmassen. In der Schweiz heisen sie Nagelflue.

1. Anmerkung. Die Flüsse führen gewöhnlich sehr vieles Gestein aller Art mit sich, das man gewöhnlich Flußkiesel oder Grand nennt. Wie viel bey dem Uebereinanderrollen dieses Gesteins im Wasser die Reibung vermag, ersehen wir an den Quarzen, die bey ihrer ausserordentlichen Festigkeit dennoch von allen Seiten abgerundet gefunden werden. Hieraus läßt sich schließen, daß weichere Steinarten sich unter einander entweder ganz zerreiben, oder daß sie im Wasser zum Theil eine grössere Härte erhalten, oder daß sich nur ihre weicheren Theile zerreiben, und die härteren mehr oder weniger abgerundet zurückbleiben. Daher ist der aus Flüssen genommene Grand, der gewöhnlich aus Stücken von Quarz, von Jaspis, von Kalkstein, von Granit, von Sandstein ꝛc. unter einander besteht, zur Bedeckung der Straßen sehr geschickt. Wenn gleich der Sandstein als Hauptmaterial zum Straßenbau ganz untauglich ist, so bleibt

er doch in diesem Gemenge brauchbar, wenn er nur einen kleinen Theil davon ausmacht.

2. Anmerkung. In Gegenden, wo man keine Steinbrüche findet z. B. in sehr großen Strecken von Polen und Litthauen gehört selbst das Holz zum Straßen-Material, indem man die Straßen in den flachen etwas tief liegenden Gegenden mit dicht neben einander liegenden Hölzern, meist in ihrer natürlichen Rundung bedeckt, damit die Fuhrwerke nicht vollends versinken. Solche sogenannte Knippeldämme verheeren nach und nach die Wälder und verschaffen dennoch kaum fahrbare Straßen. Man sollte daher auch in solchen Gegenden wenigstens Dämme von zusammengestampfter Erde aufführen. Man kann aber auch mit künstlichen Steinen, nämlich mit stark gebrannten Mauerziegeln zu Hülfe kommen. Bey der neuen noch nicht ganz beendigten Straße von Antwerpen nach Amsterdam mußte man zu eben diesem Hülfsmittel seine Zuflucht nehmen.

§. 12.

Zur vollen Straßenbreite wird erfordert, daß nicht nur die größten Güterwägen einander bequem ausweichen können, sondern daß auch die Fußgänger daneben noch auf jeder Seite des Fahrwegs einen Fußpfad behalten, auf dem sie gleichfalls einander bequem ausweichen können. Ein stark beladener Lastwagen nimmt in seiner größten Breite nicht leicht über 9 Rh. Fuße ein; es ist also zum bequemen Ausweichen zweyer Lastwägen eine Breite von 20 Fußen vollkommen zureichend; da aber die Ladung gar wohl noch einige Fuße breit über

den Fußweg überhängen darf, so könnte auch noch ein Fahrweg von 18 Fuß Breite angenommen werden, wofern er zu beiden Seiten etwa 4 Fuß Breite Banquets (Fußwege) hätte. Wir nehmen aber in Rücksicht auf Fußgänger, welche Lasten tragen, für die Banquets eine Breite, von 5 Fußen an, hieraus ergiebt sich für die volle Breite einer Chaussee die Summe von 20 + 2. 5 = 30 Rh. Fußen, wenigstens die von 28 Fuß.

Zur Schonung der Chausseen legt man neben solchen auch wohl einen besonderen Sommerweg, welcher nicht chaussirt wird. Diesem giebt man 12 auch wohl 18 bis 20 Fuß Breite, so daß die gesammte Breite im letztern Falle 46 bis 50 Rh. Fuße beträgt. Ein fruchtbarer Boden darf aber niemals hierzu aufgeopfert werden. S. §. 18.

Ausser dem angegebenen Grund wegen der Bequemlichkeit, so breite Banquets zu nehmen, bemerken wir noch einen wichtigeren wegen der Festigkeit, um nämlich die Räder schwerer Fuhrwerke in hinlänglicher Entfernung vom Rande der Chausse'e zu erhalten, und dadurch den Abbruch des Damms zu verhindern.

§. 13.

Straßen durch Waldungen bedürfen einer größeren Breite, um sie einem freyeren Luftzuge auszusetzen, ohne den sie, zumal im Frühjahre, zu langsam austrocknen würden. Doch kann die eigentliche Fahrstraße die ordentliche Breite behalten, nur muß zu beiden Seiten ein freyer Platz zu 30′—45′ breit liegen blei-

ben, nachdem die Waldung über einen Berg oder durch eine Ebene oder gar durch ein Thal hinzieht. Ebenhierdurch werden auch Wendungen, welche die Reisenden einander verdecken, unschädlicher gemacht. Auch in der Nähe großer Handelsstädte, volkreicher Residenzen, und sehr besuchter Vergnügungs- und Badeplätze, die zugleich an bedeutenden Landstraßen liegen, giebt man den Straßen eine größere als sonst gewöhnliche Breite z. B. dem Fahrweg eine Breite von 30 rhl. Fußen, auch wohl indem Banquet eine Breite von 8 — 10 Fußen, da dann auch wohl jedes Banquet mit zwey parallelen Reihen von Bäumen bepflanzt wird. Auch muß auf dem Lande an Häusern, wo die Fuhrleute anzuhalten pflegen, für eine hinlänglich bequeme Einfahrt in den Hof gesorgt, oder die vorbeyziehende Straße um 20 bis 30 Fuße erweitert werden.

§. 14.

Zuweilen treten Umstände ein, welche die volle Straßenbreite von 28 — 30 Füßen nicht gestatten. Dahin gehören alle die Fälle, wo der Ausführung des Straßenbaus ausserordentliche Schwierigkeiten im Wege stehen, oder wo von Straßen die Rede ist, welche wenig befahren werden, daß nur selten ein paar Fuhrwerke einander begegnen können.

Insbesondere gehören hierher:

a) Straßen an steilen Anhöhen oder Bergen.

b) Straßen an Plätzen, wo man den Boden auf eine beträchtliche Tiefe abheben oder sehr bedeutend aufhöhen muß, ohne von dem abgehobenen Material bedeutenden Vortheil ziehen zu können.

c) Straßen, wo das Baumaterial aus zu großer Ferne beygeführt werden müßte.

d) Straßen über sumpfichte Plätze, wenn sich solche nicht ohne allzugroße Kosten trocken legen lassen.

e) Straßen durch fruchtbaren Boden in Gegenden, wo Felder und Wiesen ohnehin schon mit der Bevölkerung in einem Misverhältnisse stehen.

Man kann sich in solchen Fällen zur äussersten Noth mit einem 10 Fuß breiten Fahrweg und zu weilen mit nur einem Banquet begnügen, so daß die ganze Breite nur 15′ betrüge; zwey Banquets geben einer solchen Straße eine Breite von 20 Füßen. *)

Dagegen müssen bey einer so beschränkten Straße besondere Wechselplätze, (Ausweichungsplätze) wie a (Fig. 4) angelegt werden. Das besondere Lokal muß die Stellen für solche Wechselplätze an die Hand geben.

§. 15.

So oft sich eine Straße nach einer andern Rich-

*) Wie der Forstmann immer auf die größtmögliche Ausdehnung der Forsteien bedacht ist, und ihrer Beschränkung mit allen Kräften entgegen arbeitet, so setzt sich der Straßenbaudirektor gewöhnlich über alle andere Bedenklichkeiten weg, die der Ausdehnung des Straßenbaues im Wege stehen; er kennt keinen wichtigeren Gegenstand, und hält die übertriebensten Forderungen für unnachläßlich. Daher muß manche Anlage ganz unterbleiben, und das Publikum muß für den Eigensinn des Straßenbaumeisters büßen.

tung wendet, wie (Fig. 1, 2 u. 3) müssen die dadurch entstehenden Ecken gehörig abgerundet werden. Dieses kann auf folgende Weise geschehen: Man verlängere die n m bis p, so daß m p = n m wird; aus m fälle man die Perpendikel m q, m o; aus p die pr, ps und beschreibe sun mit m o = m q aus m, und mit p r = p s aus p Kreisbögen, nach welchen die Abrundung geschieht.

§. 16.

VII. Lästiges Steigen und Fallen muß möglichst vermieden werden. Es ist schon oben (§. 7.) gezeigt worden, daß um der Sicherheit willen beim Abwärtsfahren eine Straße auf die Länge von 11 Füßen höchstens um 1 Fuß fallen soll. *) Hier ist daher nur noch von dem Einfluß die Rede, welchen das Steigen der Straßen auf die Anstrengung der vorgespannten Pferde hat.

Bey der großen Schwierigkeit oder Unmöglichkeit, den Widerstand eines Fuhrwerks genau zu bestimmen, müssen wir uns mit einer Näherungsformel begnügen. Eine reine statische Theorie, wobey auf die Halbmesser der Axen und der Räder Rücksicht genommen wird, kann hier zu nichts führen, und würde schon darum ohne Nutzen seyn, weil jedes andere Verhältniß dieser Halbmesser eine andere Regel zur Anlegung der Straße gäbe. Es ist zu bedenken, daß

*) Wegen der äussersten Gränze des Steigens nimmt man nach (§. 17) sowohl für das Steigen, als für das Fallen höchstens 1′ auf die Länge von 12′.

die Reibung an den Axen beym gesammten Widerstände eines Fuhrwerks nur einen kleinen Theil ausmacht, daß also das Mehr oder Weniger beym statischen Moment der Reibung an den Axen, welches durch die Drehkraft am Umfange der Räder überwunden werden muß, in der Ausübung gar nicht in Betrachtung kommt. Der Hauptwiderstand ist der am Umfange der Räder auf unseren Straßen, den wir durchaus nicht theoretisch in Rechnung bringen können. Sey er auch bald größer, bald kleiner, so müßen wir uns mit dem Erfolge begnügen, daß die vorgespannten Pferde, deren Zugvermögen wir ohnehin keine enge Gränzen setzen können, bald mit mehr bald mit weniger Anstrengung, bald etwas langsamer, bald etwas rascher ziehen. Daher ist es der Sache am angemessensten und für die Ausübung am sichersten, eine Hypothese zum Grunde zu legen, der die Erfahrung für bestimmte Fälle gut genug entspricht, und auf diesem Wege eine allgemeine Formel zu suchen.

Wir setzen zu dem Ende (in der Bedeutung §. 7.) den gesammten Widerstand $= (\frac{1}{18} + \text{Sin } \beta) \cdot (Q + q)$ Pf. und die Zugkraft eines Pferdes Berg an $= (1 - 2 \text{ Sin } \beta) \cdot 185$ Pf.

Der letztere Ausdruck muß so verstanden werden, daß das Pferd dabey dieselbe Anstrengung nöthig hat, als wenn es horizontal stehend einen Widerstand von 185 Pf. zu überwinden hätte.

Für diese Voraussetzung, wobey ein Pferd bekanntlich sehr wohl eine Zeitlang ausdauern kann, hat man also $(\frac{1}{18} + \text{Sin } \beta) \cdot (Q + q) = (1 - 2 \cdot \text{Sin } \beta) \cdot 185$

Setzt

Setzt man nun $Q + q = 1800$ Pf., so wird $100 + 1800 . \text{Sin } \beta = 185 - 370 . \text{Sin } \beta$ also $\text{Sin } \beta = \frac{85}{2170}$ genau genug $= \frac{1}{25}$

Daß also, $q = 200$ Pf. für jedes Pferd gesetzt, bey einer Ladung von 16 Zentnern für jedes Pferd die Straße auf eine Länge von 25 Fußen um einen Fuß steigen darf.

Allgemein wird hiernach in Pfunden

$$Q = \frac{(1 - 2 \text{ Sin } \beta) . 185}{\frac{1}{18} + \text{Sin } \beta} - q$$

Wird also $\beta = v$, so dürfte noch

$$Q = \frac{185}{\left(\frac{1}{18}\right)} - q = 3330 - q$$

für jedes Pferd genommen werden. Würde ein einzelnes Pferd einem 1000 Pf. schweren Wagen vorgespannt, so würde $Q = 3330 - 1000 = 2330$ Pf. auf horizontalem Boden. Proben, die man in England mit Wägen auf Eisenbahnen angestellt hat, haben gezeigt, daß ein einziges starkes Pferd 127 Zentner (100 und 27 Zentner) zu ziehen vermogte, welches hinlänglich beweißt, daß das vorstehende Resultat ($23 \frac{1}{3}$ Zentner) nicht zu groß ist.

Der Fuhrmann darf freylich einem Pferde keine 23 Zentner Ladung geben, weil er nirgends auch nur eine Meile weit auf ohnunterbrochene horizontale Lage rechnen kann. Eine solche Ladung würde ihn häfig zu Vorspann nöthigen. Um die Vorspannkosten zu ersparen, auch wo eine Straße zu steigen beginnt,

muß er sich mit einer beträchtlich geringeren Ladung begnügen, umsomehr, weil auch regnerische Witterung den Widerstand, welchen die Zugthiere zu überwinden haben, bedeutend vergrößern kann, wir aber bisher überall trockene feste Straßen vorausgesetzt haben. Wollte aber der Fuhrmann deshalb nur 10 Zentner auf 1 Pferd rechnen, so würde er an seiner Fracht wieder weit mehr verlieren, als er für etwaiden Vorspann hin und wieder hätte zahlen müssen. In Erwägung dieser verschiedenen Umstände und in Rücksicht auf die Beschaffenheit unserer Erdoberfläche, die uns zu oft nöthigt, auf die Länge von 25′ um 1 Fuß zu steigen, und wobey der Strassenbau allzu kostbar ausfallen würde, wenn wir auch dieses Maaß des Steigens nicht wollten gelten lassen, müssen wir bey diesem Maaß in soweit stehen bleiben, daß wir

für vollkommene oder regelmäßige Straßen $\frac{1}{25}$ der Länge als Gränze des Steigens.

festsetzen, und dem Fuhrmanne, der für solche Strassen bey trockener Witterung immer noch 16 Zentner Ladung auf 1 Pferd nehmen kann, überlassen, diejenige Ladung zu nehmen, welche er in Bezug auf Witterung und auf unvermeidliche Ausnahmen, welche wegen des Lokals als Nothfälle eintreten können, wegen der dann etwa eintretenden Vorspannkosten für die vortheilhafteste hält.

§. 17.

Im äußersten Nothfall, aber doch nur auf

kurze Strecken, kann eine Straße auf die Länge von 12′ um 1′ steigen.

Die größte Anstrengung, die man auf horizontalen Wegen, jedem Pferde vom Mittelschlage zumuthen kann, ist wenigstens die von 300 Pf. Also für die größte Anstrengung, 4=5 Minuten lang dauern darf, allgemein mit Sicherheit $(\frac{1}{12} + \text{Sin}\,\beta) \,.\, (Q + q) = (1 - 2 \,.\, \text{Sin}\,\beta) \,.\, 300$ Die Voraussetzung $Q + q = 1600 + 200$ giebt also

$$\text{Sin}\,\beta = \frac{200}{2400} = \frac{1}{12} \text{ *)}$$

welches daher als die Gränze festgesetzt werden kann, welche man beym Steigen einer Straße nie überschreiten soll. Eine so ansteigende Strecke bleibt dann nach (§. 7.) auch noch zum Abwärtsfahren bey Einlegung eines Radschuhes allemal brauchbar. Wir verbinden daher mit der Vorschrift des vorigen §. für regelmäßige Straßen jetzt noch die folgende für Fälle der Noth:

> Keine Straße soll einzelne Strecken enthalten, welche auf 12′ Länge um mehr als 1 Fuß steigen.

Dieses soll aber auch nur dann gestattet seyn, wenn diejenige Viertelsmeile, in welche die Nothstraße fällt, bey Führung einer regelmäßigen Straße dop-

*) Ich habe selbst gesehen, wie ein paar Pferde auf schlechtem Pflaster, wo Sin β etwa = 1/10 war, etlich und 40 Zentner Ladung (zu 104 Berl. Pf.) etwa 1 1/2 Minuten lang zogen, zwar mit großer Anstrengung, aber doch ohne mit Schlägen oder Geschrey angetrieben zu werden.

pelt soviel kosten würde, als sie bey Führung der Nothstraße kostet. Es könnte der Fall eintreten, wo man z. B. auf eine 2000' lange Strecke eine Anhöhe 15' tief abheben müßte, um erst eine solche Nothstraße zu erhalten, und dennoch könnten Umstände zusammen kommen, welche keinen andern Straßenzug in einer so gebirgigen Gegend gestatteten. Dann wäre es vielleicht räthlich, einen Schlangenweg am Gebirg herum zu führen, der außerdem, daß er eine freyere Lage hätte, ein regelmäßiges Steigen erhalten könnte, und der die Viertelsmeile, in welcher diese Strecke läge, noch nicht doppelt so kostbar machen würde, als die Nothstraße. Schemerl und v. Wiebeking fordern (Ersterer in seinem Werke I. Th. S. 124; Letzterer S. 33), die Straße solle nicht über $\frac{1}{18}$ der Länge steigen. Zuweilen können aber durch Gestattung einer solchen nur 500—600 Fuß langen Nothstraße nicht nur viele Tausende gespart, sondern durch den hiermit verbundenen Straßenzug auch noch andere wichtige Vortheile gewonnen werden. Daher ich wenigstens eine solche Vorschrift nicht als ein Postulat in der Straßenbaukunde kann gelten lassen.

§. 18.

Steigt eine Straße schon auf 18 Fuß Länge um einen Fuß, so muß sie bey bedeutender Länge von Strecke zu Strecke durch einen Ruheplatz, sogenannte Raste unterbrochen werden.

Der Zwischenraum von Raste zu Raste muß desto kürzer seyn, je stärker die Straße steigt, oder

je kleiner die Länge λ ist, auf welche sie um einen Fuß steigt. Man könnte beyläufig diese Zwischenräume $= \frac{2000}{19 - \lambda}$ rhl. Fuße annehmen. Doch kann man bey diesen Abtheilungen auch ab- oder zuthun, wie es die Lokalität an die Hand giebt. Solche Rasten erhalten am besten eine muldenförmige Gestalt, wie Fig. 5. Die Länge der Mulde bc kann 50 — 60 — 70 Fuße betragen. Ist λ nicht größer als 24', so unterbleibt der Sommerweg ganz, wenn seiner Anlage auch sonst nichts im Wege stände.

Ist λ nicht größer als 16 Fuß, so ist ein Pflaster einer Chaussee vorzuziehen, weil stark fallende Chausseen von starken Regen sehr leiden. Daß man übrigens während dem Ueberfahren eines Bergs oder einer Anhöhe von einer einmal gewonnenen Höhe nichts wieder verlieren, also eine solche Straße nirgends wieder fallen lassen darf, bevor man den vorgeschriebenen höchsten Punkt wirklich erreicht hat, versteht sich von selbst, wofern das Lokal solches gestattet, welches keineswegs immer der Fall ist. Es finden auch hierbey dergleichen Beschränkungen statt, wie im vorigen §.

Bey erster Abwägung von der tiefsten Stelle einer anzulegenden Straße bis zum vorgeschriebenen höchsten Punkte muß auf diejenigen einzelnen erstiegenen Höhen, welche man wegen des Lokals wieder verlohren geben muß, sorgfältig Rücksicht nehmen, indem solche zur Erhöhung des höchsten Punktes über dem tiefsten noch addirt werden müssen, um die ganze Summe des Steigens zu erhalten.

§. 19.

VIII. Auch gegen minder nothwendige Befriedigungen der Reisenden, und selbst gegen Verschönerungen der Straßen sollte man nicht gleichgültig seyn. Verbannung eckelhafter oder auch nur trauriger Gegenstände, wie die der Richtplätze und der Begräbnißstätten, ist sogar Pflicht, für deren Erfüllung man kaum einen Dank fordern kann. Aber Leitung der Straßen, wo es ohne merkliche Nachtheile geschehen kann, zu angenehmen Aussichten, ihre Besetzung mit Bäumen, mit Ruhebänken, hin und wieder mit kleinen steinernen oder von Lehmpatzen aufgeführten Hütten, zu denen der Wanderer bey Sturm und Regen hineilen kann, mit Meilenzeigern und mit Brunnen. — Wer würde dafür nicht gerne eine billige kleine Erhöhung des Chausseegeldes erlegen, da wir solches selbst an Städten zu entrichten schon gewohnt sind, wo uns nur der Schlagbaum an die politische Existenz einer Chaussee erinnert?

Gegen die Anpflanzung der Bäume hat man besonders erinnert:

a) daß sie durch Abhaltung der Sonnenstrahlen und des Luftzugs der Austrocknung hinderlich fallen.

b) daß sie durch ihren Schatten der Fruchtbarkeit des anstoßenden Bodens schaden.

c) daß das von den Bäumen abfallende Laub dem Abflusse des Wassers in den Chausseegräben hinderlich falle.

Die Erinnerung (a) ist für solche Strecken nicht ungegründet, wo durch die besondere Lage wenig Luftzug statt findet, z. B. zwischen Gebürgen, wo also die Sonnenstrahlen vorzüglich die Austrocknung befördern müssen.

Der Fall Lit. b, kann gleichfalls für besondere Lagen in einzelnen Strecken eintreten, wo ohnehin schon kalter Boden statt findet. Doch läßt sich in solchen Fällen immer noch fragen, ob ein solcher Nachtheil nicht durch den Gewinn nützlicher Obstbäume überwogen werde?

Die Erinnerung Lit. c, verdient durchaus keine Rücksicht, weil die Chausseegräben ohnehin von Zeit zu Zeit gereinigt werden müssen, welches durch die zur Ausbesserung der Straße angestellten Arbeiter nebenbey geschehen kann.

Außer den Obstbäumen gehören zu solchen Anpflanzungen: Pappeln, Birken, Linden, Weiden, wilde Kastanien, Ahorne u. a. nicht aber Fichten, Förlen, Tannen u. dgl.

Nur muß man überall eine dem Boden angemessene Holzart wählen, z. B. in nassen Boden keine Birken, im trockenen keine Erlen pflanzen.

Die Bäume können in der Oberfläche der Banquets oder auf der Feldseite nahe an dem Chausseegraben oder auch bey hohen Chausseedämmen auf ihrer Abdachung gepflanzt werden.

Von hierhin gehörigen Schriften kann man folgende merken:

Ehrhart, Anmerkungen über das gewöhnliche Bepflanzen der Landstraßen mit Bäumen im

4. Bde seiner Beyträge zur Naturkunde. Hannover u. Osnabrück, 1789.

v. Cancrin, von der besten Pflanzung der Alleen an den Chausseen und anderen Wegen, und von der Wartung dieser Alleen; in seinen vermischten meist ökonomischen Schriften, 7te Abth. Riga, 1786.

Hubert, Versuch einer Beantwortung der Frage: Wie kann auf dem platten Lande der Trieb, öffentliche Alleen und Plantagen von Obst- und Maulbeerbäumen oder von anderem Laubholze anzulegen, noch mehr angefacht, und wie können solche Bäume am besten vor gewaltsamen Beschädigungen geschützt werden? in den Annalen der Märkisch-ökonomischen Gesellschaft zu Potsdam, I. Bd. 1s Heft.

Zu Meilenzeigern wählt man am besten gute Sandsteine, in welche die nöthigen Bemerkungen eingegraben werden. Sie können eine 3 seitige Pyramide bilden. Man kann sie von Viertel- zu Viertelmeile aufstellen. Jeder 4te Meilenzeiger, der sich also auf ganze Meilen bezieht, kann sich durch doppelte Höhe auszeichnen.

Die Hauptbemerkungen auf einer solchen Meilensäule sind;

a) Benennung des Landesherrn.

b) Benennungen der nächsten Stadt, zu welcher die Straße auf 2 Seiten der Meilensäule führt.

c) Entfernung des Meilenzeigers von jeder der bemerkten Städte.

d) Bemerkung des nächsten Orts, zu welchem die Straße auf jeder Seite des Meilenzeigers führt.

e) Die Jahreszahl, wenn der Meilenzeiger ist gesetzt worden (wegen no. a).

Zu öffentlichen Brunnen an den Straßen darf man keine offene Zieh- oder Schöpfbrunnen wählen. Pumpbrunnen haben der Vorzug, daß die Brunnenöffnung ganz verdeckt werden kann, womit nicht nur der Gefahr des Einstürzens besonders der unvorsichtigen Kinder sondern auch dem Einwerfen eckelhafter oder schädlicher Sachen vorgebeugt wird.

Weil sie aber bey häufigem Gebrauche wegen der Ventile und Kolben öfterer Ausbesserung bedürfen, so würde ich ein Scheibenpaternosterwerk mit einer Kurbel vorziehen. Kann man aber laufende Röhrenbrunnen anbringen, so sind solche allen anderen vorzuziehen.

§. 20.

Das erste Geschäft bey Anlegung einer neuen Straße ist die richtige Anordnung des Straßenzugs durch eine Kommission oder einen Ausschuß von Männern, deren vereinte Landes- und technische Kenntnisse hierzu hinreichend sind. Billig sollte dabey kein wichtiger Vorschlag von der Einsicht eines einzigen Mannes abhängen. Diese Kommission kann schon ohne vorgängige Besichtigung über den Hauptzug der Straße ein Gutachten erstatten, worin nur zweifelhafte Ortschaften oder noch ungewisse Ablenkungen der Straße, die erst nähere Besichtigung erheischen, gleich mit erwähnt werden. Bey Bestim-

mung des Straßenzugs muß immer auch darauf Rücksicht genommen werden, daß man einer Gegend oder solchen Gebirgsseiten zu folgen sucht, welche in freyerem Luftzuge und der Mittagssonne gegenüber liegen.

§. 21.

Nach der vom dirigirenden Landeskollegium erfolgten Entscheidung schreitet die Kommission im Frühjahre zur Besichtigung, und faßt nunmehr über ihre gemeinschaftliche oder auf verschiedene Meinungen gegründete genaue Bestimmung des Straßenzugs eine Relation ab, worüber wiederum die Entscheidung des Kollegiums abgewartet wird.

Das Frühjahr muß darum zur Besichtigung gewählt werden, weil sich in dieser Jahreszeit nach aufgegangenem Schnee über die verschiedenen nachtheiligen Umstände und Verschlimmerungen, welchem die Straßen ausgesetzt sind, am richtigsten urtheilen läßt.

Uebrigens darf in so wichtigen Verhandlungen nicht blos diejenige Meinung in die Relation kommen, welche die Mehrheit der Stimmen für sich hat, sondern, wofern die Kommission verschiedener Meinung sind, müssen solche alle mit ihren Gründen protokollirt und dem Kollegium vorgelegt werden.

Nach erfolgtem Kollegialbeschluß, der auch wohl erst nach einem nochmals abgeforderten und erstatteten ferneren Bericht erfolgen kann, erhält der Straßenbaumeister den Auftrag, einen geometrischen Plan oder Charte darüber zu verfertigen, auch hiermit zugleich das Nivelliren zu verbin-

den und der Charte ein Längenprofil der Straße beyzufügen.

§. 22.

Eine solche Charte, welche im Großen aus mehreren zusammengesetzt wird, enthält nicht blos den Straßenzug d. h. die Mittellinie der zu erbauenden Straße, sondern die Straße nach ihrer ganzen Breite, mit Inbegriff der zu beiden Seiten erforderlichen Gräben. Nimmt man die obere Breite solcher Gräben z. B. zu 8 Fuß an, also beyde zusammen zu 16 Fuß, so beträgt im ordentlichen Falle die ganze Breite ohne Sommerweg 44 bis 46 F.

Man muß aus dem Plane überall die obere und untere Breite (nämlich die Breite der Straßenfläche und die des ganzen Chausseedamms am Fuße) also zugleich die Breite der Böschung des Straßendamms, die Hohlenbreite der Chausseegräben und ihre Böschung an der Feldseite erkennen.

Die deutliche Darstellung gewinnt dadurch sehr, daß man der Planzeichnung zugleich Profilzeichnungen beyfügt, wie Fig. 6.

Da mit der Erhöhung und Erniedrigung des Straßendamms, zugleich seine Breite am Fuße zu- und abnimmt, so ergiebt sich hieraus die Veränderlichkeit der gesammten Straßenbreite selbst bey unveränderter Breite der Fahrstraße und der Banquets.

Aus der Pflanzeichnungen muß man auch ersehen können, was die Straße in Bezug auf nahe gelegene Waldungen, Gewässer, Felder, Wiesen, Weinberge, Steinbrüche ꝛc. ꝛc. und selbst einer etwa schon vor-

handenen alten Straße für eine Lage hat. Man kann daher dergleichen Gegenstände auf jeder Seite der Straße auf eine Breite von 30 — 40 — 50 Ruthen mit in den Plan bringen. Doch ist eine genaue geometrische Aufnahme dieser Begränzungen nicht nöthig.

Eine beyläufige Abschrittung und selbst ein etwas geübtes Augenmaß sind zu dem Zweck, die Lage der Straße in Bezug auf ihre näheren Umgebungen kennen zu lernen, schon hinlänglich.

Sind an einzelnen Stellen auſſer dem ordentlichen Straßenbau noch besondere Anstalten erforderlich z. B. Faschinenbau zum Schutz gegen anströhmende Wasser, Brückenbau oder d. g. so müssen dergleichen Anstalten im Plane besonders bemerkt werden.

Man muß sich bey diesen Zeichnungen verschiedener Maaße bedienen.

Zur Darstellung des ganzen Straßenzugs nach Länge, Breite und Wendungen der Straße nebst ihren Umgebungen kann der Maaßstab so genommen werden, daß 15 — 20 — 25 Ruthen im Großen in der Zeichnung auf einen Decimalzoll fallen.

Bey dem hiermit verbundenen Längenprofil, welches das Steigen und Fallen sowohl des natürlichen Bodens als der Straßenfläche bezeichnen muß, behält man der Länge nach den vorgedachten Maaßstab bey; zur Bezeichnung der Höhen aber läßt man dasselbe Maaß Fuße bedeuten, welches bey den Längenmessungen Ruthen bezeichnet.

Für einzelne Bezirke werden nach einem etwas großen Maaßstabe zusammengehörige Plane und Querprofile wie Fig. 7, 8 und 9, nebst zugehörigen Längenprofilen verzeichnet; man kann dabey durchaus den zuletzt erwähnten zehnfachen Maaßstab gebrauchen, bey den Profilen wie bey den Planzeichnungen. *)

§. 22. *

Beym Längenprofil kann man auf die mannigfaltigen Seitenwendungen der Straße keine Rücksicht nehmen.

a (Fig. 6.) sey die Stelle im natürlichen Boden, wo die neue Straße ihren Anfang nehmen soll, so ziehe man die horizontale a p q r solang, als die ganze nach ihren Wendungen horizontal gemessene Straße werden soll.

Auf diese Horizontale, welche also nicht die wahre Länge der Straßenfläche ausdrückt, sondern die Länge ihrer horizontalen Grundfläche, trage man von Strecke zu Strecke, so oft sich nämlich die Unterschiede des Steigens und Fallens nach dem angenommenen Maaßstabe noch bemerkbar machen lassen, nach oben oder nach unten die Perpendikel, welche das Steigen oder das Fallen des natürlichen Bodens anzeigen; die Größe dieser Perpendikel ergiebt sich aus dem Nivellementsverzeichnisse, welches zugleich die horizontalen Abstände angiebt.

---

*) In manchen Ländern ist der Maaßstab für die verschiedenen Zeichnungen vorgeschrieben.

Indem man nun durch die Endpunkte dieser Perpendikel eine Linie durchzieht, erhält man den natürlichen Boden **a m b c d e f g h i**, woraus sich dessen Länge ergiebt.

Nunmehr zieht man die Straßenlinie **a b o y d e** den oben angegebenen Regeln gemäß. Bey Bergstraßen verdient die Anwendung jener Regeln eine sehr reifliche Ueberlegung. Hierbey bleibt es erstes Hauptgesetz: **den höchsten Punkt der Straße so tief als möglich zu legen.** Schwieriger ist die Bestimmung des Gesetzes, nach welchem die Straßenlinie am Berg oder um den Berg herum geführt werden solle, um den bestimmten höchsten Punkt zu erreichen. Daß eine Straße, die nur zu $\frac{1}{36}$ ihrer Länge steigt, an sich vollkommener ist, als eine andere, die zu $\frac{1}{18}$ aufsteigt, leidet keinen Zweifel. Wenn aber die Straßenlänge bey $\frac{1}{36}$ z. B. 2 Meilen bis zu dem Punkte beträgt, bis zu welchem man bey $\frac{1}{18}$ nur 1 Meile hat, so verschwindet wegen der doppelten Dauer der geringeren Anstrengung schon ein bedeutender Theil des Verzugs der sanfter ansteigenden Straße. Doch behält sie in Bezug auf Schonung der Zugthiere immer noch den Vorzug. Erfordert sie aber bey der doppelten Länge auch doppelte Baukosten, so wird kein Finanzkollegium ihre Erbauung vorziehen, um so weniger, wenn auch ihre Unterhaltungskosten um so höher ausfallen. Ob übrigens eine solche Bergstraße um ein Gebirg herum oder in schlangenförmigen Windungen nur an einer Seite des Gebirgs hinauf geführt werden müße, das hängt lediglich vom Lokal

ab. Nur darf man auch hierbey nicht auſſer Acht laſſen, daß man, wenn es das Lokal erlaubt, allemal diejenige Gebirgsfläche zu wählen hat, oder zu erreichen ſuchen muß, der die Mittagsſonne gegenüber ſieht. Aus der Zeichnung erſieht man dann auch, an welchen Stellen der Länge nach abgetragen und an welchen aufgehöht werden muß.

Zugleich wird aber auch beym Abſtecken des Straßenzugs ſowohl zur Rechten als zur Linken der Mittel-Linie auf den Abhang des Bodens Rückſicht genommen, welches auf jeder Seite auf eine Breite von 24 bis 30 rh. Fußen geſchehen kann, nachdem der Abhang geringer oder bedeutender iſt. Aus dem Längenprofil (Fig. 6.) und dem Abhange nach der Breite laſſen ſich die Queerprofile wie (Fig. 6. und 8.) und dann auch Plane, verzeichnen.

Die verſchiedenen Abwägungs- oder Nivellirmethoden findet man unten (§. 40.).

§. 23.

Beides, ſowohl das Abtragen als das Aufhöhen des natürlichen Bodens vergröſſert die Koſten des Straßenbaus; erſteres hat aber gewöhnlich noch die ſehr nachtheilige Folge, daß dadurch Hohlwege entſtehen, wie Fig. 8. In dieſem Falle muß man das Abtragen ſo viel möglich zu vermindern ſuchen.

Kommt dieſe Regel mit der oben gegebenen, daß man wo möglich eine Straße auf die Länge von 25 Fußen nicht über einen Fuß hoch ſollte ſteigen laſſen, in Widerſpruch, ſo daß man dadurch in eine Tiefe b_2 (Fig. K.) $= \alpha$ Fuß käme, ſo müßte man ſich bey

bedeutender Länge des entstehenden Hohlwegs lieber im Steigen zu einem Fuß auf die Länge von 25 — α Fußen gefallen lassen, solange α nicht über 7 Fuße betrüge. Müßte z. B. die Stelle α, wenn man das Steigen oder Fallen zu $\frac{1}{25}$ der Länge fortsetzen wollte, 5 Fuß tief unter die Horizontale m n gelegt werden, so wäre es besser, die Straße nur zu $\frac{1}{25 - 5}$ oder $\frac{1}{20}$ steigen zu lassen, um den Hohlweg zu vermeiden, oder doch seine Tiefe zu vermindern. Betrüge aber α über 7', so lasse man das Steigen oder Fallen bey $\frac{1}{18}$ der Länge.

§. 24.

Da der Straßenbau als Landesanstalt betrachtet werden muß, so versteht es sich von selbst, daß die einzelnen Gutsbesitzer diejenigen Stücke von ihren Feldern abgeben müssen, welche durch die projektirte Straße abgeschnitten werden. Gegen den Schaden, welche solche Gemeinden durch die Verminderung ihrer Ländereyen leiden, haben sie auch vorzüglich den Vortheil, eines nicht unbedeutenden Verdienstes bey der Anlegung der Straße, der Vortheile nicht zu gedenken, welche überhaupt gute Straßen mit sich bringen.

Uebrigens erfordert aber auch die Gerechtigkeit, auf welche alle Staatsbürger gleichen Anspruch haben, daß jeder Einzelne für sein verlohrnes Eigenthum vollständig entschädigt werden muß. Bey dieser vollständigen Entschädigung muß jeder Umstand mit erwogen werden, welcher den Werth eines durch die Straße vertheilten Feldstücks herabsetzt.

Ein

Ein Beyspiel giebt Fig. 7, wo die Straße M N die Feldstücke A, B, C, D durchschneidet; wenn nun z. B. dem Eigenthümer von A $\frac{1}{3}$ seines Feldstücks herausgeschnitten würde, so geschähe der Gerechtigkeit, welche die Mittel zur Erreichung des allgemeinen Staatszwecks leiten muß, keineswegs Genüge, wenn diesem Eigenthümer nur $\frac{1}{3}$ von dem Werth des ganzen Feldstücks ersetzt würde. Uebrigens ist es zur Vermeidung aller künftigen Streitigkeiten rathsam, zu beyden Seiten der Gräben noch 2 Fuß breites Feld gleich anfänglich mitzukaufen.

§. 25.

Dieses Entschädigungsgeschäft kann durch die Arbeiten des Ingenieurs sehr erleichtert werden, wenn in der Planzeichnung die Gränzen der anstoßenden Feldstücke sogleich mit den fortlaufenden Zahlen 0, 1, 2, 3.... bezeichnet werden wie Fig. 7. Es muß zu dem Ende gleich bey den Vermessungen ein besonderes Verzeichniß geführt werden, in welches die Längen 0=1, 1=2, 2=3 ꝛc. eingetragen werden.

Dieses geschieht beym Abstecken der zur neuen Straße erforderlichen ganzen Breite

Ueber diese Entschädigung giebt nachstehende Tabelle von Scheyer eine sehr schnelle Uebersicht.

Nummern der Besitzer.	Namen der Besitzer.	Namen des Wohnorts.	Naturale-Verlust. Gärten.		Aecker.		Wiesen.		Hütung.		Holz.		Verlust nach der Taxe. fl.	kr.	pf.
			□ Fuß.		□ Fuß.		□ Fuß.		□ Fuß.		□ Fuß.				
			□ Ruthen.		□ Ruthen.		□ Ruthen.		□ Ruthen.		□ Ruthen.				
			Morgen.		Morgen.		Morgen.		Morgen.		Morgen.				
1.															
2.															
3.															
4.															
5.															
6.															
7.															
8.															
9.															
10.															

Naturalvergütung aus der alten Straße oder anderswoher. Anm. Vergütungen anderswoher sind mit (*) bezeichnet.						Bleibt noch mit Geld zu vergüten.						Anmerkungen zur Erläuterung.
Morgen.	□ Ruthen.	□ Fuß.	Beträge nach der Taxe an Geld. fl.	kr.	pf.	Flächen-Inhalt. Morgen.	□ Ruth.	□ Fuß.	Betrag nach der Taxe an Geld. fl.	kr.	pf.	

§. 26.

Der Straßenbaumeister legt sämmtliche Zeichnungen der Kommission vor, von der er selbst ein wichtiges Mitglied ist. Diese besorgt die weitere Mittheilung an das in diesem Geschäfte dirigirende Landeskollegium, und erwartet den Beschluß, daß Kostenüberschläge verfertigt und eingeschickt werden. Diese Ueberschläge, welche die vorhin erwähnte Entschädigungskosten mit unter sich begreifen, werden von dem Straßenbaumeister mit Zuziehung der Distriktsbeamten verfertigt, indem die dabey vorkommenden Arbeiten, Fuhren u. dgl. so weit es angeht, mit Vorbehalt erfolgender Genehmigung verakkordirt, und so auch die Taglöhne festgesetzt werden.

Wir wollen z. B. annehmen, die Steine und der Grand seyen etwa 250 Ruthen weit beyzufahren, und der Grunddamm solle 2 Fuße über den natürlichen Boden erhöht werden, die ganze Breite der Straße solle 30′ betragen, so würde man für viele Gegenden so rechnen können:

1) Der Grunddamm sammt Chausseegraben auf eine laufende Ruthe . . . . 5 fl. 30 kr.

2) Das Steingewölbe zu 20′ breit und im Durchschnitt oder Mittel genommen $\frac{5}{6}$ Fuß hoch erfordert auf eine Ruthenlänge etwa 270 Kub. Fuß gebrochene Steine. Hiervon Brecherlohn . 4 = 30 =

Latus . 10 fl. — kr.

Transport .	10 fl.	— kr.
3) Fuhrlohn	3 =	40 =
4) Der gesammte Arbeitslohn bey Aufsetzung der Bordsteine mit den verschiedenen Steinlagen auf eine Ruthenlänge, mit Zurichtung der Banquets .	4 =	10 =
5) Grand und dessen Beyführung und Verbreitung auf eine Ruthenlänge .	1 =	40 =
Summa	19 fl.	30 kr.

also auf die Länge einer Meile etwa 39000 fl.

Wo Erdreich durchstochen werden muß, fällt gewöhnlich no. 1 weg.

Wenn felsichtes Gebirg durchbrochen werden muß, so gewinnt man zugleich die Steine, und erspart vieles in no. 3. Daher kompensiren sich sehr oft größere Kosten an einer Stelle mit den davon abhängenden Ersparungen an anderen Stellen. Hierauf muß bey den Ueberschlägen mit Rücksicht genommen werden. Ueberhaupt ist die Verfertigung guter Ueberschläge schwieriger als die Herstellung der Straße selbst. Jene setzt vieljährige Erfahrung bey einem geübten Verstande voraus, diese kann in den gewöhnlichen Fällen ohne lange Erfahrung bey einem sonst guten natürlichen Verstande weit eher nach bestimmten Vorschriften glücklich ausgeführt werden.

Uebrigens kommen neben den oben erwähnten Kosten noch die für Entschädigung der Güterbesitzer,

die für die Aufsicht, die wegen der Diäten u. dgl. noch besonders in Anschlag. *)

§. 27.

Das dirigirende Landeskollegium bestimmt nunmehr diejenige Strecke oder diejenigen Strecken, welche noch im ersten Jahre hergestellt werden sollen, der Summe gemäß, welche die Staatskasse darauf zu verwenden vermag und welche sich etwa durch einen dem Lande angemessenen Extraausschlag beitreiben läßt.

Nunmehr wird zur Ausführung geschritten. Die Mittellinie wird mit starken Pfählen abgepflöckt, so daß solche in geringeren Entfernungen eingeschlagen werden, als etwa beym ersten Abstecken des Straßenzugs geschehen ist.

Weil nun der Straßenbaumeister schon bey seinen voraus gegangenen Vermessungen von Strecke zu Strecke die ganze zum Straßenbau erforderliche Breite mit eingeschlagenen Pfählen bemerkt hat, so lassen sich auf diesen einzelnen Strecken noch mehrere näher zusammenfallende zur Bestimmung der ganzen Breite eingeschlagen.

Wir wollen hier das oben nicht angegebene Verfahren des Ingenieurs angeben.

---

*) Hier mußte ich schon im voraus der Ueberschläge erwähnen, weil solche vor dem Straßenbau voran gehen müssen. Es versteht sich aber von selbst, daß man mit den einzelnen Arbeiten, die erst in den nachfolgenden Sätzen näher beschrieben werden schon hinlänglich bekannt seyn müsse, bevor man Ueberschläge machen oder auch nur beurtheilen will.

v Tab. II. Fig. 7. ** sey ein mit einem Pfahle bemerkter Punkt auf der äußeren Erdfläche, durch welchen die Mittellinie des Straßenzugs durchgeht, **AB** eine Linie auf der Erdfläche, welche die Straßenzugslinie rechtwinklicht durchschneidet; die bestimmte Straßenbreite $\alpha\beta = 28^f$, die Böschung $\delta\varepsilon = 1$ Fuß, die Grabenbreite $e\varepsilon = f\varepsilon = 1\frac{1}{2}$ Fuß, der Böschungswinkel **meg** = **nfh** = 40°. Weiß man nun aus dem Längen profil, daß die neue Straßenfläche in ihrer Mitte **w** z. B. 7 Fuße tief unter **v** zu liegen kommt, und soll die Höhe des Straßendamms in seiner Mitte 2 Fuße betragen, so ergiebt sich hieraus das ganze Breitenprofil Fig. M. auf nachstehende Weise:

Es ist $e\varepsilon + \varepsilon\delta + \alpha\beta + \delta\varepsilon + \varepsilon f =$ $= 1{,}5 + 1 + 28 + 1 + 1{,}5 = 33$ Fuß. Man zieht nunmehr **vd**, senkrecht durch die wagrechte **AD**, $= vw + wd = 7 + 2 = 9^f$; zieht horizontal die $de = df = 16{,}5^f$; macht **nfh** = **meg** = 40°, und schlägt in den Entfernungen **vm** und **vn**, welche sich durch die Zeichnung ergeben, in **m** und **n** Pfähle ein.

Auf die so verzeichnete **ef** werden nun aus der Mitte **d** die **dδ** und **δε** abgeschnitten, die **dw** = 2 Fuß genommen, und $\alpha w\beta$ gehörig abgerundet.

Man sieht, daß bey allen diesen Arbeiten des Ingenieurs schon genaue Kenntniß des ganzen Straßenbaues vorausgesetzt wird, den wir nun noch näher werden kennen lernen.

§. 28.

Bey der Straßenarbeit selbst kommt es nun zuerst auf die Beschaffenheit des Bodens an, auf welchen die Straße aufgeführt werden soll. Vom Steigen und Fallen dieses Bodens ist oben schon in Bezug auf das Fuhrwerk gehandelt worden. (§. 7, 16, 17, u. 18.) Hier muß ich noch bemerken, daß selbst in Gegenden, wo die Grundfläche des Straßendamms sehr leicht horizontal geführt werden könnte, die ganz horizontale Lage in Bezug auf den Abfluß des Wassers dennoch nicht so gut ist, als eine etwas weniges schief gelegte Fläche. Man kann zu dem Ende jede Straßenfläche so anlegen, daß sie auf die Länge von 3 höchstens 4 Ruthen um einen Zoll steige oder falle. Uebrigens muß jede gerade Linie, welche durch die Längs der Straße in der Oberfläche des Grunddamms gezogene Mittellinie senkrecht gezogen wird, eine horizontale Lage haben oder: die Sehne der Wölbungslinie, nach welcher die Oberfläche der Straße gebildet wird, muß der Regel nach überall horizontal liegen.

Als Ausnahmen von dieser Regel gehören hierher alle die Fälle, wo die eine Seite der Straße entweder durch ein nahes Wasser oder durch einen jähen Abhang dem Fuhrwerk schädlich oder gefährlich wird. Man kann in solchen Fällen die Oberflächen des Grunddamms von der sicheren Seite gegen die gefährliche nach der Breite der Straße auf eine Ruthe um 3 Zoll steigen lassen, wie a b (Fig. 9). Ausserdem läßt man bey b entweder eine Wand von hohen Steinplatten

oder eine niedrige Mauer aufführen, wie Fig. 17, oder auch Säulen (am besten von Stein) einsetzen, die etwa 10′ weit von einander abstehen, und mit etwa 5 Zoll dicken Ruthen belegt werden, die man aufschrauben läßt. Die Art des Aufschraubens ist Fig. 17 zu ersehen. Die obere Oeffnung in der Säule wird, nachdem man einen unten mit einem Knopf versehenen eisernen Stab eingesteckt hat, mit Blei ausgegossen, das nachher noch durch Hammerschläge dichter zusammen getrieben wird; nunmehr wird die starke Geländerruthe aufgelegt, und mittelst einer Mutter, die sich am oberen Ende anschrauben läßt, mit Gewalt angetrieben.

Wo es hierzu an Steinen fehlt, muß man sich hölzerner Geländerdokken bedienen. Diese werden vor dem Einsetzen wohl ausgetrocknet, dann in Salzwasser (welches 12 Pf. Salz in 1 kub. Fuß enthält) getränkt und wieder getrocknet, dann eingesetzt und mit einem Anstrich von Theer, worin etwas Thon und zermalmte Kohlen verrührt werden, versehen. Auch die Geländerruthen können mit dieser Materie bestrichen werden.

§. 29.

Bey der vorangegangenen allgemeinen Anordnung des Straßenzugs muß schon darauf Rücksicht genommen seyn, daß beyströmmende oder auch nur zu Zeiten z. B. bey anhaltendem Regenwetter oder bey aufgehendem Schnee sich sammelnde Wasser gehörig abgeleitet werden können.

Liegt die Straße auf einem Rükken, und ist sie dabey keinem austrettenden Wasser, Bergströmen u. d. g. ausgesetzt, so sind keine besondere Vorkehrungen zur Abhaltung oder Ableitung der Wasser nöthig, also auch keine Seitengräben.

Doch legt man auch Chausseengräben zuweilen blos darum an, um Material zum Straßendamm zu erhalten, oder auch durch das Chausseewasser den Feldern nicht schädlich zu werden.

Ist die Straße zu Zeiten beyfliesendem Wasser ausgesetzt, dessen Abfluß durch die Strasse selbst verhindert wird, so muß dessen schädliche Wirkung auf die Seitenfläche des Straßendamms beseitigt, und das Wasser längs der Straße durch einen Chausseegraben in sanftem Flusse abgeleitet werden.

Ein der Gegend hinlänglich kundiger und sonst schon erfahrner Ingenieur bedarf in Ansehung der Abmessungen desselben selten besonderer Berechnungen. Doch sind solche zuweilen von Wichtigkeit.

Es sey **a b c k** (**Fig. 17.****) der auf den Boden senkrechte Wasserquerschnitt im Chausseegraben, $\alpha b = c\beta = h$; die mittlere Breite $m n = b$, die Länge, auf welche der Boden oder die Sohle des Grabens um 1 Pariſ. Zoll fällt, $= \lambda$ Zolle, die Abflußmenge in 1 Sek. $= M$ Kub. Zolle, so ist, wenn alles in Pariſ. Zollen ausgedrückt wird, beyläufig

$$M = 320 \cdot bh \cdot \sqrt{\frac{bh}{\lambda \cdot (b+2h)}}$$ Pariſ. Kub. Zolle.

Nimmt man $\lambda = 600$; $b = 36$; $h = 20$, so wird

$$M = 320 \cdot 720 \cdot \sqrt{\frac{720}{600 \cdot (36+40)}}$$

$= 230400 \cdot \sqrt{0{,}001578} = 2304 \cdot \sqrt{15{,}178}$

$= 2304 \cdot 3{,}972 = 9151$ Kub. Zolle

$= 5{,}3$ Kub. Fuß.

Man kann auch, wenn sich alles auf Pariſ. Fuße bezieht, beyläufig

$$M = 91 \cdot bh \sqrt{\frac{bh}{\lambda \cdot (b+2h)}}$$ Kub. Fuße

ſetzen, wo dann λ die Länge iſt, auf welche die Sohle des Grabens um 1′ fällt.

Ein ſolcher Graben wäre alſo ſchon hinlänglich, um in jeder Sek. beyläufig 5 Pariſ. Kub. Fuße Waſſer abzuleiten. Dabey nimmt man nun die Tiefe des Grabens ſo, daß das Waſſer noch um $\frac{1}{6}$ h ſteigen dürfte, um bis zum Ueberlaufen zu kommen. Wäre man alſo verſichert, daß 5 Kub. Fuße Waſſer als das Maximum des Zufluſſes angeſehen werden dürfte, ſo wäre bey obigen Abmeſſungen des Grabens eine Tiefe von $20 + \frac{20}{6}$ oder von $23\frac{1}{3}$ Zoll vollkommen hinlänglich, ſo verſtanden, daß ſeine Tiefe an keiner Stelle weniger betrüge.

Gewöhnlich hat man M, h und λ als gegeben anzuſehen, ſo daß b noch beſtimmt werden muß. Die obige Gleichung giebt uns für b in Fußen

$$b^3 - \frac{M^2 \lambda}{8281 \cdot h^3} \cdot b = \frac{M^2 \lambda}{8281 \cdot h^3} \cdot 2h.$$

Ex. Es ſey $\lambda = 1000'$, $h = 2'$ $M = 4$ Kub. Fuß Par. ſo wird $b^3 - 0{,}97 \cdot b = 3{,}88$.

Setzt man nun $b = 1{,}7'$; so wird

$$4{,}913 - 1{,}649 = 3{,}264$$

also b noch zu klein.

Setzt man $b = 1{,}8'$; so wird

$$5{,}832 - 1{,}746 = 4{,}086.$$

Man kann also $b = 1{,}8' = 21{,}6''$ nehmen.

Die Verzeichnung des Profils geschieht nunmehr so:

Auf einer geraden y z (Fig. R.) schneidet man $w m = w n = \frac{1}{2}b$ ab, durch m und n zieht man unter den gegebenen Böschungswinkeln y m q, z n p die q u und p t; durch w senkrecht auf m n zieht man die s r, und schneidet auf dieser die $w x = w v = \frac{1}{2}b$ ab, dann zieht man durch x und v die a k und b c der m n gleichlaufend.

Liegt nun die Oberfläche zur Rechten niedriger als zur Linken, wie in unserer Zeichnung, so nimmt man noch $k d = \frac{1}{6}ck$ und a e um so viel größer als k d, als es die höhere Lage der Stelle e über der d erfordert. Auf diese Weise ergiebt sich das Profil e b c d, von welchem der Theil a b c k eigentlich das berechnete Wasserprofil ist. Zur vollständigen Sicherheit für die Ausübung ist die Vergrößerung des Profils noch hinzugekommen.

Der Abhang des Grabenbodens wird übrigens gewöhnlich nach der Seite hingenommen, nach welcher man schon einen natürlichen Abhang hat; dann wird das Wasser von schicklichen Punkten aus diesen Chausseegräben durch andere Seitengräben nach tieferen Gegenden abgeleitet, bis es irgendwo ein natürliches

Abflußbett findet. Es sind Fälle möglich, wo die Straßenfläche und die Grabensohle entgegengesetzten Abhang erhalten müssen.

§. 30.

Der zuweilen erforderliche Ablaß des Wassers von der einen Seite der Chaussee nach der andern kann auf mehrere Arten bewerkt werden, nämlich durch querlaufende Gossen, durch Mulden, durch Dohlen oder Durchlässe, durch kleine niedere Gewölbe, oder durch Brücken.

Gosse sind offene schmale ausgepflasterte Rinnen, wie a b Fig. 10.; sie taugen überhaupt nicht auf öffentlichen Straßen, insofern sie quer durch die Straße gezogen werden, weil durch sie das Fuhrwerk starken Stössen ausgesetzt wird.

Mulden unterscheiden sich von den Gossen durch allmäliches Sinken und Steigen und durch das weit kleinere Verhältniß der Tiefe zur Breite, wie a m b (Fig. 11); sie verdienen den Gossen weit vorgezogen zu werden, dürfen aber auf die Länge von 12 Fußen, nach der Richtung der Straße, höchstens um 1 Fuß fallen und steigen; auch darf ihre Länge a b nicht beträchtlich seyn, höchstens $= 24 + 2\lambda$, wenn λ die Länge in Fußen bezeichnet, auf welche sie um 1 Fuß steigt oder fällt.

Die Mulden können einen doppelten Zweck haben: 1) das längs den Gleisen abfliesende Wässer aufzunehmen und seitwärts von der Straße abzuleiten; 2) das von der einen Seite der Straße (d. h. zur Rechten oder zur Linken der Straße) zu Zeiten bei-

fliessende Wasser, dessen Abfluß sonst durch den Straßendamm verhindert werden würde, auf solche Weise über die so erhaltene Vertiefung der Straße nach einer tieferen Gegend abzuleiten. In diesem Falle darf aber nur von seltenen und geringen Wasserstemmungen die Rede seyn, welche die Mulde nie über 3 — 4 Zolle hoch mit Wasser anfüllen. Die Banquets müssen dann in der ordentlichen Straßenhöhe durchgeführt werden, so daß ihre Fläche in a c b bleibt, in der Mitte c aber bleibt in den Banquets ein vermauertes mit einem oder mehreren neben einander liegenden Decksteinen bedecktes Gräbchen, zu $1\frac{1}{2}$ — 2 — 3 Fuße breit. Zuweilen kann auch statt solcher Decksteine ein kleines Gewölbchen aufgeführt werden, besonders, wenn die Breite des Grabens an der Stelle des Banquets 5 oder mehrere Fuße betragen sollte. In ebendiesen Fällen werden auch zuweilen hölzerne Stege für die Fußgänger angebracht, die man aber durchaus zu vermeiden suchen muß.

Ueberhaupt verdienen zu dem Zwecke no. 2 Dohlen oder Durchlässe den Vorzug vor den Mulden. Man versteht darunter schmalere oder breitere Gräben, welche unter den Straßen nach der ganzen Straßenbreite durchlaufen, und entweder mit Decksteinen bedeckt oder überwölbt sind. Der Straßendamm läuft dann über die Decksteine oder über das Gewölbe hin.

Dergleichen Durchlässe werden am häufigsten bey Bergstraßen nothwendig, wie Fig. 12 und 19., wo man dann gewöhnlich nur auf der einen Seite einen

Chausseegraben anzubringen hat. Es versteht sich übrigens, daß solche Durchlässe entweder in festem Gestein ausgehauen oder mit festen Steinen ausgepflastert und vermauert werden.

Wo wegen bedeutenderen Wasserzuflusses solche Durchlässe zu breit seyn müßten, um mit flachen Decksteinen bedeckt werden zu können, werden solche überwölbt, oder Brücken statt der Durchlässe erbaut.

Daher steht der Brückenbau mit dem Straßenbau in einem unzertreunlichen Zusammenhange.

Anm. Der Brückenbau kann auch da in Anwendung kommen, wo plötzliche Vertiefungen vorkommen, wenn Abhebung und Ausfüllung kostbarer ausfallen würden, als die Anlage einer Brücke.

§. 31.

Die Oberfläche einer Chaussee ist der Regel nach allemal gewölbt. Bey Bergstraßen und überhaupt in den §. 28. angegebenen Fällen kann die Wölbung unterbleiben, und die Oberfläche nach der Breite der Straße eine schiefe Ebene bilden. Zum Aufsetzen der Chausseewölbung wird eine gute Unterlage erfordert. Ist der Boden sumpficht, so muß man vor allen Dingen untersuchen, ob das Wasser nicht etwa mittelst Abzugsgräben, welche nach und nach tiefer ausgehoben werden, abgeleitet, und hierdurch der Boden nach und nach trocken gelegt werden könne. Widrigenfalls muß man ihn durch abwechselnde Lagen von Faschinen und Steinen, die mit Grande überschüttet werden, zu verbessern suchen.

Außer dieser zuweilen erforderlichen Verbesserung des natürlichen Bodens kommt es nun auch noch darauf an, ob der natürliche Boden schon die zur Anlage der Chaussee erforderliche Höhe habe, oder ob er vielleicht schon zu hoch liegt. Liegt er nicht hoch genug, so muß er mit trockner und steiniger Erde so lange erhöhet werden, bis er die in der Zeichnung schon angegebene Höhe erreicht, im entgegengesetzten Falle wird er abgehoben.

§. 32.

Das Losarbeiten und Abheben der Erde und des Gesteins geschieht durch Menschen mit bekannten Werkzeugen, der Spate, der Haue (Hacke), der Zweyspitze, dem Brecheisen, dem Schlägel; zum Sprengen der Felsen bedient man sich vorzüglich des Steinbohrers mit Pulver. S. m. Erläuterung höchstwichtiger Lehren der Technologie S. 266 — 273.

Zum Losarbeiten eines lockeren oder nicht sehr steinigen Bodens kann man sich auch mit Vortheil des Pflugs bedienen. Krünitz bemerkt in seiner Encyklopädie, der Pflug kann in eben der Zeit, da ein Arbeiter 216 Kub. Fuß Erde losarbeitet, 8640 K. Fuße abheben. Dieses kann aber nur unter der Voraussetzung gelten, daß zwey Pferde vorgespannt werden, welches Krünitz nicht angemerkt hat. Der Quotient $\frac{8640}{216} = 40$ ergiebt, daß hiernach 40 Arbeiter gegen 2 Pferde, also 20 Arbeiter gegen ein Pferd in Anschlag kommen. Dieses hängt sehr gut damit zusammen, daß ein Pferd mit siebenfacher Kraft und

doppelter

doppelter Geschwindigkeit wirkt, daß aber außerdem bey der Art, wie Menschen mit einer Spate oder Haue wirken, diese ohngefähr $\frac{1}{3}$ der Zeit dadurch verlieren, daß sie mit ihren Werkzeugen, nicht wie beym Pfluge stetig fort, sondern abgesetzt hub- oder stoßweise wirken.

Bey der Vergleichung der Kosten muß mit in Erwägung kommen, daß der Pflug von 2 auch wohl von 3 Menschen begleitet werden muß. Hiernach könnte durch den Pflug im Ganzen etwa die Hälfte des gewöhnlichen Taglohns erspart werden.

Beym Wegführen des abgehobenen Erdreichs von Oertern, welche abgehoben werden müssen, muß gleich auf solche Plätze Rücksicht genommen werden, wo der natürliche Boden erhöht werden muß, um zu überschlagen, ob es nicht vortheilhaft sey, die einmal beladenen Karren geradezu nach jenen Plätzen hinführen zu lassen, wie solches der gewöhnliche Fall ist.

Zum Wegführen dienen kleine zweyrädrige Karren oder Kästen von 5 bis 6 Kubikfußen, die auf einer Axe mit etwa 4 Fuß hohen Rädern aufsitzen und von Arbeitern gezogen werden. Zwey Arbeiter können sehr wohl 4 Zentner auf horizontalem festem Boden ziehen. Auf sandigem oder sonst weichem Boden sind vierrädrige Karren mit etwas breitern Felgen vortheilhafter.

Ist der Boden weder sandig noch weich und die Abladungsplätze von den Auffadungsplätzen über 400 Fuß entfernt, so sind Karren, die mit einem

Pferde bespannt werden, vortheilhafter, als Karren, die von Arbeitern gezogen werden.

§. 33.

Die zur Aufführung eines besonderen Grunddamms beygeführte Erde wird von den Arbeitern gleichmäßig verbreitet und festgestampft. Die Oberfläche des Grunddamms muß eine ihrer Breite nach horizontale Fläche seyn, so daß jede auf dieser Fläche durch die Mittellinie senkrecht gezogene gerade Linie horizontal ist.

Weil ein aufgetragener Boden sich nach und nach immer noch etwas senkt, so giebt man nach den Umständen auf 6—7—8—10 Zolle Erhöhung noch einen Zoll zu. Hat der Grunddamm eine Höhe von 4—5 oder mehreren Fußen und dabey zu unterst keinen ganz festen Boden, so ist es rathsam, wofern es die Umstände gestatten, den aufgeführten Grunddamm den Winter über liegen zu lassen, und dann den Sommer die etwa noch erforderliche Erhöhung aufzutragen.

Anm. Da der Grunddamm entweder nur zur Herstellung eines festen Bodens oder zur Gewinnung der zur Chaussee erforderlichen Höhe nöthig ist, so versteht es sich von selbst, daß er in sehr vielen Fällen wegbleiben kann. Hiermit werden die Kosten bedeutend vermindert.

§. 34.

In der Zeichnung (Fig. 13.), welche den Durchschnitt einer Straße nach der Breite darstellt, bezeichnet ABCDEF die Oberfläche des natürlichen Bo-

dens, v a b w ist der aufgetragene Grunddamm, auf welchen die Chausseewölbung aufsitzt.

Nach der Herstellung des Grunddamms schreitet man zur Aufführung des Chausseegewölbes, das nichts anders als ein Cylinderabschnitt ist, den man der Cylinderax parallel nimmt.

Man setzt zu beyden Seiten des Fahrwegs, wo sich solcher vom Banquet scheidet, in den Grunddamm 22 bis 24 Zoll hohe Leistensteine (Bordsteine) p r in etwas schiefer Richtung so ein, daß sie etwa 9 Zolle über die Oberfläche des Grunddamms hervorragen. Auch ist es gut, noch eine zweyte Reihe, wie q, an die innere Fläche der Leistensteine anzustellen. Die ganze Höhe m n kann, wenn r r 20 Fuße beträgt, etwa 17 rhl. Zolle betragen; die Höhe der Wölbung d. h. die Höhe der Stelle n über den Bordsteinen r bey der ersten Anlage etwa 8 Zolle, weil sich die Wölbung immer noch um $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zolle setzt.

Anm. Nach Wiebeking soll die Wölbungssehne a b (Fig. 14.) $= \frac{1}{8}$ d e seyn, also m b $= \frac{1}{8}$ c e, wenn c des Kreises Mittelpunkt ist; dieses giebt c m $= \sqrt{(c b^2 - b m^2)} = \sqrt{((8 . b m)^2 - b m^2)}$ $= \sqrt{(63 . m b^2)}$; daher m n $=$ b c $-$ c m $= 8 . m b - \sqrt{(63 . m b^2)} = 0{,}063 . m b$ oder genau genug $= \frac{1}{16}$ b m; nach meiner Angabe wäre m n $= \frac{1}{15}$ b m.

§. 35.

Zwischen den beyden Reihen der Bordsteine wird nun (Fig. 13.) die Oberfläche des Grunddamms zuerst

mit der Grundlage der Steinwölbung bedeckt. Sie ist eine Art von Pflaster, das an den Bordsteinen etwa 4 Zolle hoch über die Oberfläche des Grunddamms erhaben ist und bis in die Mitte der Straßenbreite um 5 Zolle steigt. Hierauf werden noch einige Steinlagen aufgeschüttet, so daß an den Bordsteinen die Höhe von etwa 9 Zollen (so hoch die Bordsteine sind), in der Mitte aber die von etwa 16 Zollen herauskommt. Die oberen Lagen enthalten kleinere Steine als die unteren, und nähern sich immer mehr der Wölbungsform.

Zu gleicher Zeit wird auch zu beyden Seiten der Fahrstraße der Grunddamm mit steiniger oder sandiger Erde erhöht, um die Banquets zu bilden, deren Oberfläche einige Zolle Abhang nach den Seitengräben erhalten.

Hat man Steine von verschiedener Härte, so kommen die weichere unten, die härtere oben zu liegen.

Die so erbaute Straße wird zu oberst noch mit ganz zerkleintem Gestein beschüttet. Zu dieser Bedeckung bedient man sich des härtesten Materials. Grober Grand wie Haselnüsse, höchstens bis zur Dicke einer welschen Nuß giebt eine sehr gute Bedeckung.

§. 36.

Die zur Herrichtung der Straße beygeführten großen Steine werden zuerst auf der Oberfläche des Grunddamms verbreitet und dann so zerschlagen, wie es der Grundlage (§. 35.) gemäß ist. Dieses

Zerschlagen geschieht am besten von 2 oder 3 hinter einander folgenden Reihen von Arbeitern, wobey man zugleich den Vortheil hat, die Arbeiter nach ihren verschiedenen Kräften vertheilen zu können. In jeder Reihe können 4 bis 6 Arbeiter neben einander angestellt werden, und die Reihen 15 bis 20 Fuß weit von einander entfernt seyn. Die Arbeiter der vorderen Reihe können 4 pfündige, die der mittleren $2\frac{1}{2}$ pfündige, die der hinteren 1 bis $\frac{5}{4}$ pfündige Hämmer führen. Die Stiele müssen beugsam und elastisch seyn, etwa 4 bis $4\frac{1}{2}$ Fuß lang und $\frac{3}{4}$ Zoll dick.

Die Anzahl der Arbeiter in den einzelnen Reihen kann während der Arbeit öfters verändert werden, so daß Arbeiter aus der einen Reihe denen aus einer andern beygegeben werden können.

Bey der Arbeit selbst kann man mittelst ausgeschnittener Lehren, wie Fig. 15., und Schnuren, die längs der Straße von einer Lehre zur andern ausgespannt werden, zu Hülfe kommen.

§. 37.

Zur Anlage eines doppelten Wegs, d. h. einer Chaussee mit einem Sommerwege (der aber nur in unfruchtbaren Gegenden oder in Waldungen statt findet) gehört Fig. 16. Hier bildet der Sommerweg zur Rechten der Rinne von a bis b eine blos abhängige schiefe Fläche. Ich würde Sommerwege nie empfehlen.

§. 38.

Jeder Damm bedarf zu seiner Festigkeit einer Böschung; aber auch die Böschungsfläche bedarf mehrentheils noch einer besonderen Bedeckung, wenn solche auch nur zum Schutz gegen den Regen, welcher die nackte Erde leicht abspühlt, angebracht würde.

Ist die Straße keinem anderen Angriffe als dem des Regens ausgesetzt, so ist eine einfache Rasenbedeckung hinlänglich. Dabey kann sich die Breite der Böschung zur Höhe des Dammes wie 2 : 3, 3 : 3, 4 : 3, ja auch wie 6 : 3 verhalten, nach Beschaffenheit des zum Damm gebrauchten Materials.

Die Verwahrung der Seitenfläche an der Feldseite bedarf in Fällen, wo man frey von Wasser bleibt, des gleichen Schutzes nicht wie die Seitenflächen der Straßen, weil solche den Erschütterungen der Fuhrwerke nicht ausgesetzt ist. Wo sie Wasser ausgesetzt wird, bedarf sie gleichfalls einer besonderen Bedeckung. Bey etwas starkem Abhange und öfterem Wasserzufluß bedarf die Sohle des Graben zuweilen der Auspflasterung und die Seitenflächen der Vermauerung. Zuweilen müssen sogar Schleusen oder Fallschützen angelegt werden. In manchen Fällen können dann solche Gräben zugleich als Wässerungsgräben dienen.

In Fällen, wo zur Seite das Gebirg zu hoch ansteht, als daß man solchem die gehörige Böschung geben könnte, schützt man die Straße durch eine verspeiste Futtermauer wie Fig. 12.

Zuweilen muß das zur Seite stehende weiche oder rollige Gebirg bergmänniſch verbaut werden, wie Fig. 17.

Zuweilen muß ein Abhang mit einer Stütz=mauer oder zugleich mit Futter= und Stützmauern verwahrt werden, wie Fig. 18. und 19.

Man kann bey Werksteinen die Dicke vom paralelepipediſchen Theil der Mauer $= \frac{1}{8}$ h nehmen, wenn h die Höhe bezeichnet, doch bleibt die geringſte Dicke allemal $= 2'$, wenn auch $\frac{1}{8}$ h $< 2'$ ſeyn ſollte. Die Böſchung nehme man zu $\frac{1}{6}$ h. Bey gemeinen Bruchſteinen gebe man jeder dieſer beiden Abmeſſungen noch den vierten Theil zu z. B. ſtatt 4' nehme man 5'.

In ſehr gebirgichten Gegenden wird der Straßenbau in einzelnen Strecken oft ſo ſchwierig, daß er auch den erfahrenſten Straßenbaumeiſter in Verlegenheit ſetzen kann, oft muß man bis zu einer bedeutenden Höhe Stütz= und Futtermauern anlegen, wie Fig. 19. *) Wild herabſtürzende Wald= und

*) Ich muß hier auf ſehr nachtheiliges Verfahren aufmerkſam machen, welches in der Ausübung ſehr häufig vorkommt; daß man nämlich den Zwiſchenraum zwiſchen der ordentlichen Mauer und dem Gebürg nur mit Geſtein verſchüttet. Die einzelnen Steine keilen ſich zwiſchen den anliegenden ein, werden von den darüber liegenden Steinlagen mit groſſer Gewalt niedergedrückt und bewirken als Keile einen ſehr bedeutenden Seitendruck, welchem endlich die Seitenmauer nicht mehr widerſtehen kann. Es muß dieſes Geſtein gehörig gelagert oder bey bloſem Verſchütten von Fuß zu Fuß aufwärts mit Mörtel ausgegoſſen werden.

Gebirgswasser drohen jeder Anstalt den Untergang, die nicht mit der größesten Solidität dem Feinde entgegengestellt wird. Dabey können durchaus keine Kosten gespart werden. Man muß in solchen Fällen das Gefälle durch plötzliche Absätze oft unterbrechen, die Seitenflächen der Schluchten müssen mit 6 — 8 12 — 15 Zentner schweren Steinmassen bedeckt werden; die Flächen, welche als Terrassen das herabstürzende Wasser auffangen, müssen vorwärts zu $\frac{1}{10}$, zu $\frac{2}{10}$ ja zuweilen zu $\frac{3}{10}$ ihrer Länge steigen, und diese ansteigende Flächen gleichfalls mit großen Steinmassen bedeckt werden. Zuweilen muß man noch mit Pfahlwänden mit Rösten, mit Balkenkästen, die theils mit Faschinen, theils mit Steinen bis zu einer gewissen Höhe ausgefüllt werden, zu Hülfe kommen. Dabey muß besonders auf das mit herabstürzende Steingerölle Rücksicht genommen werden, dem man zuweilen nur durch ein großes Gewölbe oder durch eine Brücke ausweichen kann. Jede Aenderung des Lokals oder sonstiger Umstände leitet zu anderen Maaßregeln, an die wir hier nur im Allgemeinen erinnern können.

Gegen anspühlende Wasser und Eisgänge wird ein Straßendamm vorzüglich auch durch Faschinen (Fig 20.) geschützt, die durch Würste unter einander verbunden werden.

Gemeine Faschinen oder einfache Faschinen auch Vorlegfaschinen sind Reisigbündel zu 6 — 10 Fuß lang und 8 bis 14 Zoll dick. Alle Arten

von Reisig oder Zweigen sind dazu geschickt, vorzüglich gemeine Waiden und Pappeln.

Sind sie nicht über 6 — 7 Fuß lang und nicht über 10 Zoll dick, so ist es genug, sie an 2 Stellen zu binden; längere und stärkere bindet man 3 mal.

Zum Binden bedient man sich sogenannter Winde oder zäher Reiser, die am Feuer gebäht eine noch größere Zähigkeit erhalten.

Würste (Bundfaschinen) unterscheiden sich von vorigen durch Länge und größere Festigkeit oder Dichtigkeit.

Man schiebt Reiser, so lang man sie haben kann, in einander, bis sie eine Länge von 30 — 40 — 50 und mehreren Fußen ausmachen. So in einander geschoben werden sie durch eine Kette mit einem Hebel fest zusammengezogen und während diesem Zusammenziehen von Fuß zu Fuß mit Winden gebunden. Nach dem Binden mögen sie etwa 4 — 5 — 6 Zoll dick seyn. (Die Zeichnung giebt sie zu dick an.)

Diese Würste liegen nach der Länge der Straße und dienen zur Befestigung einer langen Reihe parallel neben einander liegender Faschinen. Die von ihnen nicht ausgefüllte oder leer gelassene Räume werden mit Sand oder Grand und Erde ausgefüllt, wie man Fig. 21. im Durchschnitt sieht.

§. 38. *

1. Zuweilen werden zum Schutze der Straßen und der angränzenden Ländereyen eigene Dämme oder Deiche erfordert.

Fig. 22. d e o n heißt die Dammkappe, ihre Höhe n d sey = h; die Kappenbreite d e = 0,6 . h.

Doch braucht diese Breite nie über 8′ zu betragen.

d n : n c = 2 : 5 oder $n c = \frac{5 \cdot h}{2}$

e o : o f = 2 : 3 oder $o f = \frac{3 \cdot h}{2}$

Die Höhe h ist das Fundamental-Bestimmungsstück welches von den Umständen abhängt.

Es muß wenigstens o e um 2 Fuße höher als der höchste Wasserstand p q seyn — wo starke Wellenschläge zu fürchten sind, auch wohl 3′ höher.

Ex. Der höchste Wasserstand sey 15′, so nimmt man:

h = 17′ (— 18′)

d e = 0,6 . 17 = 10,2′

$n c = \frac{5 \cdot 17}{2} = \frac{85}{2} = 42{,}5'$

$o f = \frac{3 \cdot 17}{2} = 25{,}5'$

} Ganze Breite c f = 78,2′

Doch kann man überall eher zulegen, als abziehen.

2. Bey wirklicher Aufführung des Deichs wird der Boden nach der Breite c f 3 — 4 — 6 Zolle tief, wie es die Unebenheit des Bodens mit sich bringt, um jedesmal auf eine gewisse Länge des Damms eine horizontale Grundfläche zu erhalten, ausgehoben. Nach der Beschaffenheit des Terrains geschieht diese Aushebung nach Terrassen. Auf diese Grundfläche wird die beigeführte Erde ausgeschüttet und etwa $\frac{1}{2}'$ hoch verbreitet, und sogleich zusammengestampft. Zur richtigen Beibehaltung des Profils dienen Pfähle in c und f und aufgestellte Stangen in n und o, an

deren oberen Enden Schnuren nach c d, d e und e f ausgespannt werden.

3. Die äussere Abdachung d c wird, soweit man es vermag von unten hinauf mit Rasen belegt, welche zu 3 $\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll dick und etwa 9″ ins □ ausgestochen werden, und zwar in schiefer Richtung wie m n o p, n r q o (Fig. 23.) Jede 4te oder 5te Reihe von Rasen kann mit 12″ langen hölzernen Nadeln aufgeheftet werden. Bey sehr schlechter Erde legt man die Rasen doppelt, die untere Lage auf die grüne Seite.

Hat man nicht Rasen genug, so wird der nackt bleibende obere Theil der äusseren Böschung mit Heusamen besäet.

Die innere Böschung besät man allemal mit Heusamen, welcher untergehäckelt wird; die lockere besäete Erde wird dann wieder angeschlagen oder angedammt.

4. Hätte ein Fluß irgendwo stark in die Ufer eingegriffen, wie bey m n p (Fig. 24. und 25.) so daß m p nicht sehr groß wäre, so legt man den Damm nicht nach v w x y z an, sondern läßt ihn nach s t u so fortgehen, daß m n p durchschnitten wird.

Der Streifen m q r p wird mit abwechselnden Schichten von Faschinen und Sand, Steinen und Erde ausgefüllt. Beide Abdachungen dieses Faschinendammes werden stark mit Erde beschüttet.

Das im Raum q n r zurückbleibende Wasser wird

mit Schaufelwerken und Scheiben = Paternosterwerken ausgeschöpft und dann der Damm durchgeführt.

5. Ist die innere Abdachung des Damms starken Anspühlungen vom Strom und Wellenschlag ausgesetzt, so kann die Dammfläche durch einen Faschinenbau (Fig. 26. im lothrechten Durchschnitt, Fig. 27. im horiz. Grundriß) geschützt werden.

Man kann den Faschinendamm bis 1 Fuß unter den höchsten Wasserstand fortsetzen, und ihn dann zu oberst noch $\frac{1'}{2}$ hoch mit Grand beschütten.

Der ordentliche Faschinendamm (II.) fängt in **B** an, und wird so nach **C** fortgesetzt.

Damit aber dieser aus dem Damm hervorstehende Faschinenbau nicht bey **B** vom Strome frey angegriffen werden könne, so ist von **B** nach **A** noch ein Vorbau von Faschinen erforderlich, zu welchem allmählig kürzere Faschinen gebraucht werden, so daß die Länge der äussersten etwa noch 3 oder 3 $\frac{1}{2}$ Fuße betragen kann, deren Spitz = Enden aber immer weniger und weniger aus der Dammfläche hervorstehen, so daß diese hervorstehenden Enden bey **A** nur noch 5 — 6 Zolle betragen. Alle Faschinen dieses Vorbaus **B A** müssen wenigstens 3' lang in den Damm eingreifen.

Die Entfernung von **B** bis **A** kann 8 bis 10 mal so groß seyn als die Länge **m n**.

Am Ende, zur Rechten von **C** läßt man den Faschinenbau allmählig wieder eben so verschwinden wie von **B** nach **A**.

6. Wenn ein Damm dem Angriffe reißender Gewässer von 4 und mehr Fuß Geschw. in einer Sekunde, die zugleich Eisgänge führen, ausgesetzt ist, so ist zu fürchten, daß der Faschinenbau weggerissen wird. Ausserdem wird zum Gedeihen des Faschinenbaus vorausgesetzt, daß das Wasser den Sommer über einigemal sich wenigstens bis zur halben Höhe desselben erhebe, weil es ihm sonst an Nahrung zum Gedeihen fehlt. Wo nun solche dem Faschinenbau ungünstige Umstände eintreten, darf solcher nicht in Vorschlag gebracht werden.

In solchen Fällen wird eine Belegung mit Steinen, eine sogenannte Steindossirung angebracht.

Der 5 bis 6 Zoll tiefe Vorgraben a b (Fig. 28.) wird mit Grand angefüllt, und so auch die ganze Abdachung b c 4 bis 5 Zoll hoch mit Grand bedeckt, dann auf dieses Grandlager große 6 — 8 — 10 und mehr Zentner schwere Steinmassen gebracht, wie (Fig. 29.)

Die hervorragenden Ecken, welche beym Zusammenlegen zu große Lücken geben würden, werden abgeschlagen. Ihre flächeren Seiten kommen nach aussen, wie v w, zu liegen. Alle Lücken werden soviel möglich mit kleineren Steinen ausgezwickt.

Diese Steindossirung wird noch solider, wenn man von 10 zu 10 Fuß nach der ganzen Abdachung herab eine Reihe hoher Steine 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fuß tief in den Damm einsetzt, so daß solche wenigstens noch $1\frac{1}{2}$ Fuß hoch über die Außenfläche des Damms hervorstehen.

Zwischen diesen Steinrippen werden dann jedesmal die einzelnen Felder wie vorhin mit Steinmassen belegt. Wo es an Steinen nicht fehlt, bedeckt man die erste Steinlage noch mit einer zweyten wie (Fig. 29.)

Anm. Solche Dämme dienen ohne chaussirt zu seyn, zuweilen auch Chaisen und Landleuten zum Fahren. Dann darf aber, außer den Chaisen, nur 2spännigen Fuhren das Fahren gestattet werden; und es darf in solchen Fällen die Kappe nicht unter 16 rhl. Fußen breit seyn, wenn man nicht besondere Wechselplätze anlegen will.

Sollen solche Dämme als öffentliche Landstraßen zu allen Lastwägen dienen, so müssen sie die ordentliche Breite der Chausseen haben und auf der Kappe gehörig chaussirt seyn. Wo indessen hohe Dämme oder Deiche erforderlich sind, ist es ökonomischer, auf der anderen Seite des Deichs eine besondere Straße anzulegen.

§. 39.

Die Unterhaltung der Straße geschieht durch Ableitung des Wassers, Wegnehmung des Schlamms, Ausfüllung der Vertiefungen, insbesondere der Gleisen, und durch beständige Wiederherstellung der Straßenwölbung mittelst Aufschüttung und Verbreitung klein zerschlagener Steine oder groben Grandes.

Hohes Aufschütten taugt nicht, weil es den Zug beträchtlich erschwert; ebendarum muß oft ausgebessert werden, und zwar mit sehr zerkleintem Material, das die Größe einer welschen Nuß nicht über-

schreitet. Das Aufschütten geschieht am besten bey feuchter Witterung.

Die Chausseegräben müssen von Zeit zu Zeit gereinigt und ihr Abhang oder Gefälle immer wieder hergestellt werden; so auch die Durchflüsse oder Dohlen und Gewölbe.

Die Reparatur der Futter- und Stützmauern muß in trockenen Jahreszeiten vorgenommen werden.

Eine Hauptforderung für die Dauer und Erhaltung einer Straße ist beträchtliche Breite der Felchen an den Rädern.

In England findet man in Gegenden, welche mit Sand oder Grand bedeckt sind, Felchen zu 9—12—18 rhl. Zolle breit. Auf unseren Chausseen sollten sie wenigstens $4 + \frac{n-2}{2}$ Zolle breit seyn, wenn n die Anzahl der vorgespannten Pferde bezeichnet.

Es ist übrigens eine ausgemachte Sache, daß 2 vierspännige Wägen mit voller Ladung einer Straße weniger schaden, als ein achtspänniger mit voller Ladung. Man sollte daher, sobald mehr als 4 Pferde vorgespannt sind, das Chausseegeld für jedes der vorgespannten Pferde, um etwas erhöhen. Z. B. statt 3 Kreuzer für jedes von 4 Pferden zu zahlen, müßten 3 kr. 1 Pf. für jedes von 5; 3 kr. 2 Pf. für jedes von 6, und so 4 kr. für jedes von 8 Pferden gezahlt werden. Es läge nichts unbilliges darin, selbst erleichterte Rückfuhren demselben Gesetze zu

unterwerfen, weil solches nicht zur Vergrößerung der Revenüen sondern zur Verminderung übermäßig lästiger Fuhrwerke abzweckt, wozu jeder Staat die ihm dienlich scheinenden Mittel anzuwenden berechtigt ist. Auch ist in anderer Hinsicht die hiermit etwa zu bewirkende Mehrzahl von Fuhrwerken dem Publikum nützlicher. *)

Vom Nivelliren.

§. 40.

Wenn bey mechanischen oder hydraulischen Untersuchungen von horizontaler Lage die Rede ist, so ist allemal von wahren Horizontallinien die Rede, im Gegensatze von scheinbaren.

abcdef (Fig. 1. Tab. III.) sey der Umfang eines Kreises von einem Halbmesser unserer Erde, die wir hier als eine (nur mit Bergen besetzte) Kugel

*) Als Schriften besonders in Bezug auf den Bau der Deiche verdienen hier noch angemerkt zu werden.

Schemerl, Erfahrungen im Wasserbau, I. Th. 1. Bd. Wien und Triest 1809.

Eytelwein, Anweisung zum Faschinenbau. Berlin 1800.

Woltmann, Beyträge zur hydraulischen Architektur.

Buchholz, Versuch einer praktischen Darstellung des Deich- und Faschinenbaus.

Krönke, Untersuchungen über den vortheilhaftesten Bau der Deiche — ist eine Uebersetzung der französischen Preißschrift von Bossut und Vialett, hat aber für die Ausübung keinen ausgezeichneten Werth.

Kugel betrachten; v sey ein angenommener Punkt in diesem Umfange, und v w senkrecht auf den Halbmesser K v, so heist v w eine scheinbare Horizontallinie, und jede mit K v beschriebene Kreislinie eine wahre. Noch allgemeiner: jede Linie, die in allen ihren Punkten gleichweit vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist, heist eine wahre Horizontallinie, und so auch jede Fläche, die in allen ihren Punkten gleichweit vom Mittelpunkte der Erde absteht, eine wahre Horizontalfläche; hingegen jede Ebene, welche eine wahre Horizontalfläche in einem Punkte berührt, eine scheinbare Horizontalfläche.

§. 41.

Wasser kann nur unter der Bedingung abfließen, daß seine Oberfläche nach der Richtung seiner Bewegung sich dem Mittelpunkte der Erde nähert. Wäre daher v ein Punkt in der Oberfläche eines Wassers, so könnte dieses Wasser nicht nach m hingeleitet werden, wenn auch gleich m noch etwas unter der scheinbaren Horizontallinie v w läge, sondern es müßte von m aus beständig unterhalb dem Bogen v e, d. i. unter der wahren Horizontallinie fortgeleitet werden.

Der scheinbar horizontale Kanalboden a b Fig. 2. erhebt sich beträchtlich über die wahre Horizontale a c, und das Wasser kann nur dann von d nach e abfließen, wann e dem Mittelpunkte der Erde näher liegt als d.

§. 42.

Da von einem so großen Kreise als der ist,

welcher zu einem Erdhalbmesser gehört, Bogenstücke von 40 bis 50 Fuß Länge von einer geraden Linie nicht unterschieden werden können, so fällt auch eine so kurze scheinbare Horizontallinie mit der wahren zusammen.

Dagegen entfernen sich scheinbare Horizontallinien von bedeutender Länge merklich von den wahren, wie die **a b** (Fig. 3.) von der $\alpha\beta$, die auf **K b** senkrechte **b c** von der $\beta\gamma$ u. s. w., so daß die zusammengesetzte **a b c . . . h** von der $\alpha\beta\gamma \ldots \zeta$ bedeutend abweichen kann.

Die Tiefe **w n** (Fig. 1.), um welche eine auf unserer höckrichten Erdfläche angenommene Stelle **s** unter einer anderen **v** liegt, oder der Unterschied **v k — s k** heißt das **Gefälle** der Strecke **v s** auch ihr **Fallen**. Von **v** bis **w** ist das Gefälle **v k — w k** oder **n w** verneint; die Strecke **v w** **steigt** um die Höhe **n w**.

Die Operation, wodurch das Gefälle irgend einer Strecke auf unserer Erde gefunden wird, heißt das **Nivelliren** oder das **Wasserwägen**.

§. 43.

Um die Abweichung scheinbarer Horizontallinien von den wahren näher kennen zu lernen, dient eine sehr einfache geometrische Betrachtung der Zeichnung Fig. 12. Tab. III.

Es sey nämlich **B** ein angenommener Punkt auf der Erdoberfläche, **B m o p q** ein mit dem Erdhalbmesser **K B** beschriebener Kreis, **B d** auf **K B** senkrecht, und **d K F** durch der Erde Mittelpunkt gezo-

gen, also m lothrecht unter d, so ist, wenn B K m nicht über $\frac{1}{5}$ Grad beträgt, sehr genau

$$d\,m = \frac{B\,d^q}{2.\ B\,K}$$

Bew. Man ziehe die Sehne B m und fälle das Perpendikel K v so ist K B m + m B D = 90°, aber auch K B m + K B F = 90°, also m B d = K B F, oder B F d = m B d.

Da nun der Winkel d beiden Dreiecken d B F und d B m gemein ist, so sind diese Dreiecke einander ähnlich, also

$$d\,F : d\,B = d\,B : d\,m$$

und

$$d\,m = \frac{d\,B^q}{d\,F} = \frac{d\,B^q}{m\,F + d\,m} \quad ((C$$

Nun geben die trigon. Tafeln Sec 12′ = 1,0000061, also d m = 0,0000061 . B K; demnach aus ((C)

$$d\,m = \frac{d\,B^q}{2\ .\ B\,K + 0{,}0000061\ .\ B\,K}$$

$$= \frac{d\,B^q}{2{,}0000061\ .\ B\,K}$$

Man fehlt also nicht über $\frac{3}{1000000}$ des wahren Werths von d m, wenn man schlechthin

$$d\,m = \frac{d\,B^q}{2\ .\ B\,K}$$

setzt.

Anm. Beträgt B K m nur $\frac{1}{15}$ Grad, oder B m nur 1 Meile, so beträgt der Fehler noch nicht $\frac{1}{1000000}$ des wahren Werthes von d m. Man kann also in der Ausübung, wo man es nie mit so großen Strecken auf einmal zu thun hat, ohne bemerkbaren Fehler $d\ m = \frac{d\ B^{\,2}}{2\ .\ B\ K}$ beibehalten. Dabey kann man B K = 19630764 Par. F. setzen.

Wäre z. B. v d = 22000 F. so hätte man $d\ m = \frac{22000^{\,2}}{39261528} = 12{,}3$ F. So tief läge also die Stelle m unter der d. Wäre nun n, lothrecht unter d, eine Stelle auf der Erdfläche, und fänden wir bey wirklicher Messung, daß n 25 Fuße tief unter d liegt, so wäre das Gefälle von B bis n = 25 — 12,3 = 12,7 Fuß.

Wäre die scheinbare Horizontallinie a b (Fig. 3.) nur = 30', und denkt man sich in b, senkrecht auf K b eine neue scheinbare Horizontallinie b c von 30' u. s. f. 1000 solche scheinbare Horizontallinien zusammengesetzt, so wären die einzelnen Abweichungen von der wahren Horizontallinie nur $\frac{30^2}{39261528}$ Fuße, daß sie also alle zusammengenommen nur $\frac{1000\ .\ 900}{39261528}$ oder 0,023 Fuß oder 0,276 Zoll betrügen.

§. 44.

Auf die hier vorgetragenen Sätze gründen sich die verschiedenen Methoden zu nivelliren, nämlich:

1) die mit der Setzwage auf der Setzlatte.
2) die mit dem Hängebogen.
3) die mit dem Gradbogen.
4) die Visirmethode.

Auf ganz andern Gründen beruht

5) die durch das Barometer.

Die no. 4. ist die schnellste und auf große Strekken bey gehöriger Vorsicht gewiß die genaueste. Inzwischen bleibt doch bey den Arbeiten des Straßenbaus die no. 1. immer unentbehrlich.

§. 45.

I. Die Methode §. 44. no. 1.

Die Setzwage (Tab. III. Fig. 5.) besteht aus einer etwa 4 bis $4\frac{1}{2}$ Zoll breiten Leiste rs, die in ein etwa ebenso breites Brettstück mn unter einem rechten Winkel fest eingelassen ist. Die Länge mn kann 5 bis 6 Fuße betragen; die Höhe rs soll nicht unter $4\frac{1}{2}$ Fuß betragen. Zu größerer Befestigung dienen die Büge p, q. Die Grundfläche cd muß ganz eben abgehobelt seyn.

Nahe unter s wird ein feines Häckchen angebracht, und von solchem herab eine feine Linie bis in e gezogen, welche auf cd genau senkrecht ist. Es ist auch genug, nur das untere auf das Brett mn fallende Endstück dieser Linie zu ziehen.

Am Häckchen bey s wird ein dünner Faden, der am unteren Ende bey o mit einer kleinen Kugel versehen ist, aufgehängt, und, damit der Faden frey anschlagen könne, bey o eine angemessene Vertiefung angebracht.

Man kann auch von s bis e herab eine Rinne einhauen lassen, in solcher die bemerkte Linie, die Normallinie, ziehen und dann die Rinne mit Glas bedecken lassen, um auf solche Weise das Senkel gegen den Wind zu schützen.

Zu dieser Setzwage gehört nun noch eine Setzlatte ab (Fig. 6.), die auf ihrer oberen und unteren Fläche, welche einander parallel laufen, gut abgehobelt seyn muß; sie kann etwa 20 rhl. Fuß lang seyn, 5 Zoll breit und $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll dick. Sie dient, wie die Figur zeigt, zum Aufsetzen der Setzwage.

Zur genauen Verzeichnung der Normallinie, worauf hier alles ankommt, dient folgendes einfache Verfahren: Bevor man noch eine Linie auf der Setzwage gezogen hat, schlägt man ein paar Pfähle, etwa 18 Fuß weit von einander ein, wie m, n Fig. 6., und treibt den einen von ihnen so lange nach, bis der Senkelfaden der aufgesetzten Wage beyläufig in der Mitte der Leiste so anschlägt, da man dann einen Punkt dieses Anschlags nahe am unteren Ende möglichst genau bezeichnet. Dann dreht man die Setzlatte mit der Setzwage herum, so daß man jetzt, um zu beobachten, auf die andere Seite der Setzwage treten muß, wo auf gleiche Weise ein Anschlagspunkt in derselben Tiefe bezeichnet wird. Eine Linie von oben herab genau in der Mitte zwischen jenen beyden Stellen durchgezogen ist die richtige Normallinie.

Werden nun ein paar Pfähle, wie m, n (Fig. 6.) so eingetrieben, daß nach Auflegung der Setzlatte der

Senkelfaden an der aufgesetzten Setzwage genau an die Normallinie anschlägt, so liegt die Setzlatte horizontal (scheinbar).

§. 46.

Soll nun z. B. (Fig. 7.) von a bis e abgewogen (nivellirt) werden, so schlägt man zuerst ein paar Pfähle (etwa 18′ weit von einander) ein, beyde so tief, bis endlich der Senkelfaden, an der aufgesetzten Setzwage an die Normallinie anschlägt. So fährt man fort, bis man zu einer höheren Stelle kommt, wo der letztere Pfahl schon beynahe ganz in die Erde eingetrieben werden muß, wie hier bis γ.

Hiernach ist nun eine über sämmtliche Pfahlköpfe gezogene Linie αβγ nach der Anm. §. 43. so gut als eine wahre Horizontallinie.

Man schlägt nun, um bequem über die Anhöhen wegzukommen, neben γ einen neuen Pfahl ein, welcher höher über die Erdfläche hervorsteht, und fährt mit Auffetzung der Setzwage wie vorhin so lange fort, bis sich die Oberfläche wieder merklich zu vertiefen anfängt, wie hier von m bis x. Dann folgt eine neue Pfahlenreihe vw, und so endlich die letzte yz.

Dabey müssen die einzelnen Pfahlhöhen aα, γm, xy, wy und ze genau gemessen werden, hierdurch erhält man

die Höhe der Stelle a über der Erdfläche bey e

$$= -a\alpha - \gamma m + xv - wy + ze$$

Es sey z. B. a α = 18″, γ m = 16″, x v = 13″, w y = 11″, z e = 17″, so ist

das Gefälle von a bis e

= — 18 — 16 + 13 — 11 + 17 = — 15″

d. h. die Strecke steigt von a bis e um 15 Zolle.

§. 47.

Während dem Abwägen muß ein Nivellementsverzeichniß geführt werden, welches 5 Kolonnen enthält: 1) die Nummer der Strecken, bey welchen die Setzlatte in einerley Horizontallinie bleibt; 2) Anzahl der Stationen in jeder Strecke; 3) Länge der Station; 4) das Steigen für jede Station; 5) das Fallen: Für das vorstehende Beyspiel hätte man,

Nummer der Strecke.	Anzahl der Stationen.	Länge der Strecken	Steigen.	Fallen.
1.	5	90′	18″	—
2.	2	36	16″	—
3.	3	54	—	13″
4.	4	72	11	17″
Summa	14	252′	45″	30″

Also Ueberschuß des Steigens . . 15″

In der letzten Kolonne habe ich zugleich das noch in Rechnung kommende letzte Fallen z e (welches in andern Fällen ein Steigen werden könnte) gleichfalls angemerkt, welches am Ende des ganzen Nivellements allemal so geschehen muß.

§. 48.

Wo man das Steigen und Fallen für jede einzelne Station a y, y k ꝛc. wissen muß, darf man

nur bey jeder Station die 2te Pfahlhöhe von der 1ten abziehen; der Rest bezeichnet das Steigen, das dann auch verneint werden kann und in solchem Falle ein Fallen bezeichnet. Ist z. B. $a\alpha$ (Fig. 7.) $= 18''$, $y\beta = 15''$, so steigt der Boden von a bis y um $18 - 15 = 3''$. Geschähe das Abwägen von y aus nach der Linken, so daß $y\beta$ der 1te Pfahl wäre, so wäre das Steigen von y bis a $= 15 - 18 = -3''$ d. h. der Boden hat von y bis a ein Fallen von $3''$. In solchen Fällen wird noch ein besonderes Verzeichniß geführt, welches das Steigen und Fallen von Station zu Station (d. h. von Pfahl zu Pfahl) angiebt.

Anm. Die Bestimmung des Gefälles im Ganzen (von a bis e) geschieht nach dem vor. §. Aber während dem wirklichen Straßenbau muß man das Steigen und Fallen von Station zu Station wissen.

Auch das Steigen und Fallen des Bodens nach den einzelnen Strecken ergiebt sich aus dem Verzeichnisse des vor. §.

Z. B. das Steigen von a bis zum Pfahlkopf γ ist $= 18''$, ist nun γb (d. h. die Höhe dieses Pfahls über dem Boden) $= 4''$, so beträgt das Steigen des Bodens von a bis b noch $18 - 4 = 16''$; und dieses Resultat behält man bey, wenn gleich das speciellere Verzeichniß (§. 48.) z. B. $16\frac{1}{2}$ oder $15\frac{1}{2}$ u. dgl. geben sollte, weil bey den einzelnen Abmessungen bey jeder Station leichter oder merklicher gefehlt werden kann.

Wir wollen annehmen, der Boden steige von a bis b um 10 Fuße, so ist dieses für die Länge von

90′ zuviel. Beschließt man nun, die neue Straßenlinie auf 20′ Länge um 1 Fuß in dieser Strecke a b steigen zu lassen, also um $\frac{90}{20}$ oder $4\frac{1'}{2} = 54''$ auf die ganze Strecke, so muß der Boden von a bis b allmälig um $10 - 4\frac{1}{2} = 5\frac{1'}{2} = 66''$ abgehoben werden, welches von 18 zu 18 Fußen $\frac{18}{90} \cdot 66 = \frac{66}{5} = 13\frac{1''}{5}$ beträgt.

So genaue Resultate bis zu $\frac{1''}{5}$ finden in der Ausführung nicht statt, welches aber auch nicht nöthig ist. Man läßt nämlich für die neue Straßenlinie von a aus den Boden so ausheben, daß er nach der Setzwage von 18 zu 18 Fuß nur beyläufig um 13 Zolle steigt, sorgt aber dafür, daß er am Ende der Strecke $5\frac{1}{2}$ Fuß tief unter der natürlichen Bodenfläche b hinstreicht.

§. 49.

II. Die Methode §. 44. no. 2.

Die Methode mit dem Hängebogen (Fig. 85) ist bequemer.

a b (Fig. 9) ist eine an beyden Enden mit Schlingen versehene Schnur zu 24 bis höchstens 30 rhl. Fuß lang. Durch die Schlingen werden 5 — 6 Fuß lange Stäbe durchgeschoben, welche mit eisernen Spitzen versehen sind, und mit eisernen Scheiben m n, auf welchen sie beym Einstecken aufstehen, damit sie bey jeder Station immer wieder auf dieselbe Tiefe eingesteckt werden.

Inzwischen thut man, wenn es um einige Genauigkeit des Nivellements zu thun ist, bey einem

sandigen oder sonst weichen Boden allemal besser, wenn man kleine Pfählchen in den Boden eintreibt, und auf solche die Stäbe aufsezt.

Der Hängebogen ist zum Aufhängen mit 2 Krempen m, n (Fig. 8) versehen; er wird, um ihn leicht zu machen, aus dünnem Messingblech verfertigt, so daß er, wie ein Transporteur, mit dem Lineal p q aus einem Stücke besteht. Aus der Mitte c hängt von einem dünnen Knöpfchen herab ein Senkel c w, welches genau an die bey v bemerkte Normallinie anschlägt, wenn die Schnur, an der das Werkzeug aufgehängt wird, wie a b (Fig. 9) mit beyden Enden in eine Horizontallinie fällt. Umgekehrt liegen a und b in einer Horizontallinie, wenn das Senkel genau an die Normallinie anschlägt.

In der Mitte d der Schnur wird ein Merkmal (gewöhnlich ein mit der Schnur selbst gemachter Knopf) angebracht, weil der Bogen allemal so aufgehängt werden muß, daß die Mitte des Bogens lothrecht unter die Mitte der Schnur fällt. Die Stäbe sind mit Zollen und halben Zollen bezeichnet.

§. 50.

Der Gebrauch dieses Werkzeugs erfordert 3 Beobachter: 1) Einen am 1ten Stabe in α (Fig. 9), welcher die Schlinge an einer bestimmten Stelle a festhält, die blos von der Bequemlichkeit abhängt; 2) Einen am 2ten Stabe in β, welcher die Schlinge solang auf- oder niederschiebt, bis ihm zugerufen wird, daß das Senkel gehörig an die Normallinie anschlage; 3) Einer am Gradbogen, welcher das Anschlagen am Senkel

beobachtet und durch Winke, Bewegungen oder Worte den Beobachter no. 2 leitet.

Da übrigens die Schnur die Stelle der Setzlatte vertritt, so bedarf das Verfahren mit diesem Werkzeuge keiner weiteren Erläuterung. Das Steigen oder Fallen wird bey jeder Station besonders notirt.

Anm. Da die Länge der Normallinie von Aufhängepunkt bis zu ihrer tiefsten Stelle nicht wohl über 10 bis 12′′ betragen kann, so wird eine kleine Abweichung des Senkelfadens von der Normallinie weit weniger bemerkbar, als bey einer nach obigen Forderungen eingerichteten Setzwage.

Der Gebrauch des Gradbogens setzt zwar nicht voraus, daß das zwischen v und w (Fig. 9) fallende Stück der Schnur einer von a und b gezogenen geraden Linie pararell sey, wofern die Normallinie auf die angegebene Weise bestimmt wird; indessen muß man doch annehmen, daß die Einbeugung der Schnur, für welche man die Normallinie bestimmt, immer dieselbe bleiben oder doch immer, auch bey verschiedenen Witterungen so erfolgen werde, daß die einmal bezeichnete Normallinie immerfort dafür gelten könne. Ja, man müsse sogar annehmen, daß solche auch noch bey Auswechslung der Schnur und Anlegung einer neuen beybehalten werden könne, welches doch nicht angenommen werden kann. Es ist daher der Hängebogen weniger zuverlässig als die Setzwage. Wo es indessen auf große Schärfe nicht ankommt, bleibt dieses Werkzeug immer brauchbar. Man muß dabey darauf rechnen, daß von den einzelnen kleinen Fehlern,

die in den verschiedenen Stationen begangen werden können, gewiß ein bedeutender Theil sich gegenseitig aufheben werde, wenn nicht wie durch ein Wunder alle Fehler auf eine Seite fallen.

§. 51.

Die Methode §. 44. no. 3.

Der Gradbogen unterscheidet sich dadurch vom Hängebogen, daß an seinem Umfange die 180 wie an einem Transporteur verzeichnet sind.

Im Gebrauche (wobey die Stäbe am besten auf eingeschlagene Pfälchen aufgestellt werden) ist er noch bequemer als der Hängebogen. Man schiebt nämlich an gleichhohen Stäben die Schlingen gleich tief herab, wie in a und b (Fig. 11), da sich dann die mit dem Bogen belastete Schnur z. B. bis in v' w' herabsenkt.

Man nimmt nun an, v' w' bleibe der geraden a b parallel, wenn nun b d horizontal ist (scheinbar), so ist der Winkel v c w, welchen der Senkelfaden mit der Normallinie bildet dem Winkel a b d gleich, und man hat

1) a d = b d × tang v c w

oder auch

2) a d = a b × sin v c w.

Es ist aber a d das Gefälle von m bis n. Der Ausdruck no. 2 ist der bequemere, weil man für a b die Länge der Schnur nehmen kann. Fällt das Senkel gegen den 2ten Stab, so hat man ein Fallen; fällt es gegen den 1ten wie zwischen a und b oder zwischen α und β (Fig. 10), so hat man ein Steigen.

Anm. Dieses Werkzeug kann kaum so genaue Resultate geben, als der Hängebogen, weil man die Theile von Graden nur beyläufig bemerken kann. Sind überdas die Grade nicht genau vertheilt, so wird das Resultat noch unrichtiger. Ich kann daher diese Methode unter allen am wenigsten empfehlen, ob sie gleich bey Bergwerken die üblichste ist.

Uebrigens ergiebt sich das Resultat einer solchen Abwägung am leichtesten dadurch, daß man die Summe aller znm Steigen gehörigen Sinussen von der Summe aller zum Fallen gehörigen abzieht, und den Rest mit der Schnurlänge multiplicirt; das Produkt giebt das Fallen oder das Steigen der ganzen Strecke, nachdem es das + oder das — vor sich hat.

§. 52.

Die Methode §. 44. no. 4.

Die Visirmethode ist unter allen die bequemste und schnellste.

Soll z. B. das Gefälle von B bis n (Fig. 12) abgewogen werden, so daß ein in n lothrecht eingesetzter Stab kt von B aus durch das hierzu bestimmte Fernrohr noch deutlich bemerkt werden könnte, so setzt man in B ein Stativ mit dem darauf befindlichen Fernrohre, das man so nach dem Stabe richtet, daß die durch ein paar Kreuze im Fernrohre bezeichnete Axe desselben scheinbar Horizontal liegt. Wäre nun Bd die Visirlinie, und könnte diese als gerade angesehen werden, so wäre

Das Gefälle von
B bis in n = dn — dm

$$= dn - \frac{dB^q}{2 . BK}$$

in Pariser

Fußen $= dn - \frac{dB^q}{39261528}$ (§. 43)

Wenn aber Strahlen von einem Punkte ausgehen, der beträchtlich über unserem Horizonte, also hier über m, erhaben liegt, so ist ihre Bahn bis zu unserem Auge gekrümmt, so daß nicht der in der verlängerten Axe des Fernrohres liegende Punkt d, sondern ein tiefer liegender e in unser Auge fällt, daß also em statt dm und en statt dn in Rechnung kommen muß; und es ist genau genug

$$em = \frac{7}{8} . dm, \text{ also}$$

Obiges Gefälle, wo sich en durch wirkliche Messung ergiebt

$$= en - \frac{7 . dB^q}{8 . 39261528} \text{ Par. F.}$$

Wäre die Höhe der Fernrohraxe über der Erdfläche in $B = h$, so wäre

Das Gefälle von

B bis in $n = en - (h + \frac{7 . DB^q}{8 . 39261528})$ P. F.

---

*) I. Um der Refraktion in solchen Fällen Genüge zu thun, wo horizontal visirt wird, dient folgendes. Tab. XII. Fig. N. ac sey der Halbmesser der Erde $= r$; cb ein anderer Halbmesser, welcher verlängert durch d geht; am die horizontal gerichtete Axe des Fernrohres, welche verlängert die cd in e schneidet; so fällt dem Beobachter nicht die Stelle e, sondern eine tiefer liegende f ins Auge, indem die von f ausgehenden Strahlen nach

§. 53.

Bey der Anwendung dieser Methode kann man, um das Gefälle von bedeutenden Strecken zu finden, einzel-

---

einer krummen Linie f a, an welcher die a c eine Berührungslinie ist.

Lamberts Untersuchungen ergeben nun, daß a f als Stück eines Kreisbogens a g angesehen werden kann, dessen Halbmesser a k, den wir mit R bezeichnen wollen, = 7 bis 8 mal a c sey. Weil nun Bouger in Bezug auf eigene Beobachtungen R = 9 r setzt, so nehmen wir R = 8 r an.

Nun ist $be = r \cdot \sqrt{(\text{tang} \cdot acb^2 + 1)} - r$

$$fe = ve = R \cdot \sqrt{(\text{tg.}\, ake^2 + 1)} - R$$

$$= 8r \cdot \sqrt{(\text{tg.}\, \tfrac{1}{8} acb^2 + 1)} - 8r$$

Weil nun hier $\text{tg.}\, acb^2$ allemal als ein sehr kleiner Bruch angesehen werden kann, so ist sehr genau

$$\sqrt{\left(1 + (\text{tg.}\, acb)^2\right)} = 1 + \frac{\text{tg.}\, acb^2}{2}$$

$$\sqrt{\left(1 + (\text{tg.}\, \tfrac{1}{8} acb)^2\right)} = 1 + \frac{\frac{1}{64}(\text{tg.}\, acb)^2}{2}$$

Also $be = \frac{(\text{tg.}\, acb)^2}{2} \cdot r$; $fe = \frac{\frac{1}{64} \cdot (\text{tg.}\, acb)^2}{2} \cdot 8r$

$$= \frac{\frac{1}{8} \cdot (\text{tg.}\, acb)^2}{2} \cdot r$$

und daher $fe = \frac{1}{8}\, be$ nud $bf \cdot 2 = \frac{7}{8}\, be$.

II. Um die Abweichung wegen der Refraktion allgemein zu bestimmen, muß man den Refraktionswinkel beybehalten.

Es sey jetzt $\gamma a = \gamma \beta = r$ der Erdhalbm. Die Fernrohraxe a m sey nach der Stelle s gerichtet, die in der verlän-

einzelne Stationen nehmen, die 300 — 600 — 800 — 1000 — 2000 und mehr Fuße betragen, wofern nur das Fernrohr den ausgesetzten Gegenstand deutlich genug darstellt.

---

gerten $\gamma\beta$ liegt; a φ sey ein mit $\mu a = R = 8r$ beschriebener Bogen, so ist φ die Stelle, welche durch das Fernrohr gesehen wird. Bezeichnet man nun den Winkel, welchen die Sehne a φ mit a ε macht, mit α, so ist α der Abweichungswinkel wegen der Refraktion Zieht man die Tangente $\varphi\lambda$, und die gerade $\lambda\mu$, so ist $\lambda a \varphi = a\mu\lambda = \frac{1}{2} a\mu\varphi = \frac{1}{16} a\gamma\beta$. Ist der Bogen a β in Toisen $= \tau$, so ist $\frac{1}{16} a\gamma\beta = 0{,}000394\,\tau$ in Bezug auf Sekunden, oder, wenn τ Fuße (Par.) bezeichnet, $\frac{1}{15} a\gamma\beta = 0{,}000656\,.\,\tau$ Sek. Soviel muß also vom Erhöhungswinkel eines in der Entfernung τ avisirten Punktes über dem wahren Horizont oder vom Winkel $\beta a \varepsilon$ abgezogen werden, um den wahren $\beta a \varphi$ zu erhalten.

Ex. Ueber $a\beta = 18000$ Par. F. hat man mittelst des Fernrohres a m, welches nach ε gerichtet ist, den Erhöhungswinkel über dem scheinbaren Horizont 100 gefunden: wie hoch liegt die wirklich bemerkte Stelle φ über β.

a γ sey die wahre Horizontallinie, so zeigt das zuerst nach a γ gerichtete Fernrohr nicht γ, sondern eine tiefer liegende Stelle Z. Es ist aber $\gamma\beta = \frac{a\beta^2}{39261528} = \frac{324000000}{39261528}$ P. F. $= 8{,}3$ P. F.

Also $Z\beta = \frac{7}{8} . 8{,}3 = 7.26$ P. F. und $\sin Z a \beta = \frac{7{,}26}{18000} = 0{,}0004033$.

Bey Stationen von 300—400 Fußen geht das Geschäft schon so schnell von statten, daß es nicht nöthig ist, größere Stationen zu nehmen, wenn es nicht etwa geschieht, um über eine Vertiefung oder über einen breiten Strohm wegzukommen.

Man setzt von Station zu Station eine Visirlatte aus, die zum Abvisiren eine zweckmäßige Einrichtung haben muß z. B. wie Fig. 16.

Man nimmt hierzu eine etwa 6 Zoll breite und 20 Fuß hohe $\frac{3}{4}$ = 1 Zoll dicke Dihle, die von oben herab, wie die Figur zeigt, durchschlitzt und zu oberst mit einem Röllchen versehen ist, um eine schwarze Visirtafel, die in der Mitte einen weisen Streifen hat, willkührlich auf- und niederlassen zu können. Den Aufsatz mit der Rolle zeigt Fig 17. besonders; die Visirtafel a b c d Fig. 14. wird von oben herab in ihrer Mitte nach x y mit einer Leiste x y

---

Daher $Z a \beta = 1' 23'' = 83''$.

Indem man nun das Fernrohr aus der Horizontallinie a y so hoch erhebt, daß man ♀ erblickt, erhebt man es um den Winkel ♀ a y, dieser ist also nach der Aufg. = 10°; aber ♀ a ♀ = 0,000656 . 18000 sehr nahe = 12 Sek folglich ♀ a y = 10° − 11'' = 9° 59' 48'', y a β = $\frac{8}{7}$. 83'' = 95'', also ♀ a β = 9° 59' 48'' + 95'' = 10° 1' 23''. Daher β ♀ = 8000 . tang 100 1' 23'' = 18000 . 0.17672 = 3181 Par. F.

Ueber den besonderen Einfluß des Barometer- und Thermometerstandes s. Mayers Prak. Geom. 2te Ausg. S. 296 u. f. Er ist nicht bedeutend genug, um hier darauf besondere Rücksicht zu nehmen.

(Fig. 15.), an der sich zwey Zapfen v, w, befinden, beschlagen. Diese Zapfen greifen durch den Schlitz durch und verhindern beym Auf- und Niederlassen der Tafel die Bewegung nach der Seite.

Auf der vordern Seite der Visirlatte sind die Höhen über α bis in β (wo z. B. zur Linken des Schlitzes 16 und zur Rechten 8 stehen könnte, um 16′ 8″ anzudeuten) von Zoll zu Zoll bezeichnet. Durch zwischen gesetzte dicke Punkte können auch die halben Zolle bemerkt werden. Ich setze zur Erleichterung der Rechnung zehentheiliges Maaß voraus.

Die Höhe v T, also die halbe Tafelhöhe kann 8 Zolle betragen; in diesem Falle ist es dann am bequemsten, die Stelle α, wo der Schlitz anfängt, gleich mit 8″ zu bezeichnen und so die Zolle nach oben fortzuzählen. Dann giebt die vom Maaßstabe angegebene Zahl für die Höhe bis an v w allemal die Höhe von α bis zu T an. Die Tafel wird nun bey jeder Station durch die über die Rolle laufende Schnur so hoch hinauf gezogen, bis der Beobachter am horizontalen Fernrohre den Streifen bey T nach der Axe des Rohres erblickt, da dann der Beobachter an der Visirlatte die Höhe, welche durch v w abgeschnitten wird, in sein Verzeichniß einträgt.

Die Visirlatte wird jedesmal bis an die Scheibe m n eingesetzt.

Ist die Höhe des Stativs von dem Boden bis zur Axe des Fernrohres = H, die Höhe der Stelle α über der m n = h, und die durch v w nach dem

Maaßstabe bemerkte Zahl = Z so ist ohne Rücksicht auf die oben angegebene Korrektion

das Fallen der ganzen Station $= h + Z - H$

Wird dieser Ausdruck verneint, so setzt man die Zahl bejaht unter die Rubrik des Steigens.

Ist λ die Länge der Station in Par. Fuß so hat man genauer (§. 52.), alles auf Par. Fuße gebracht,

das Fallen in einer Station $= h + Z - H - \frac{7 \cdot \lambda^2}{8 \cdot 39261528}$

§. 54.

Solange dem Visiren nichts im Wege steht, behält man zur Bequemlichkeit einerley Höhe H bey. So oft sich solche ändert, muß der neue Werth von H im Verzeichnisse angemerkt werden. Zur Beybehaltung einer bestimmten Höhe H dient ein vom Stativ des Werkzeugs herabhängendes Senkel.

Hätte man z. B. für m Stationen immer dieselbe Stativhöhe H, für n Stationen die H', für p Stationen die H'' u. s. f. so dürfte man nur von der Summe aller Werthe von Z die $m \cdot H + n \cdot H' + p \cdot H'' +$ &c. abziehen.

Nimmt man λ nie über 300 Fuße, so kann das Korrektionsglied $\frac{7 \cdot \lambda^2}{8 \cdot 39261528}$ ganz bey Seite gesetzt werden. Hätte man die verschiedenen Stationslängen α, β, γ, δ, ε &c. und wären solche über 300 Fuße so wäre die Summe der Korrektionen =

$$\frac{7 \cdot (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2 + \varepsilon^2 + \text{&c.})}{8 \cdot 39261528}$$

Solche Nivellements, bey welchen die Höhen H und h nur für den erſten und letzten Punkt der Nivellementslinie in Rechnung kommen, ſind offenbar unrichtig.

Man kann auch die Viſirlatte, welche Fig. 16. mit einer beſchuhten Spitze verſehen iſt, unten ſtumpf abſchneiden, und ſie dann überall, wo man weichen Boden hat, auf eingeſchlagene Pfälchen aufſtellen. Dann muß aber für H überall nur die Höhe der Fernrohraxe über dem Pfahlkopf genommen werden.

Begnügt man ſich mit Stationen von höchſtens 300 Fuß, ſo kann der Schlitz mit der Tafel ganz wegbleiben, indem der Beobachter am Fernrohre ſelbſt die in der horizontalen Axe des Rohres liegende Stelle der Viſirlatte, auch ohne die Tafel, mit der zugehörigen Zahl bemerken und ins Verzeichniß eintragen kann. Dann wird zu unterſt in t die Null geſetzt, und die Fuße und Zolle von o an aufwärts bezeichnet, wofern nämlich die Viſirlatte bey t ſtumpf abgeſchnitten und auf Pfälchen aufgeſtellt wird.

Dann hat man $h = o$, alſo

das Fallen einer Station $= Z - \left(H + \frac{7 \cdot \lambda^2}{8 \cdot 39261528}\right)$

oder, wenn λ nicht über 300 Par. Fuße beträgt, ſchlechthin

$$= Z - H.$$

Dabey muß aber H allemal über dem Pfahlkopfe gemeſſen werden.

Als ein Beyspiel dient Fig. 13. Um das Gefälle von m bis s zu finden, hat man hier 6 Stationen bemerkt, mn, no, op, pq, qr und rs.

Die über der Erdfläche gewählten Stellen α, d, f, h, k, l sind die Stellen für das Auge, aus welchen die Fernrohraxe nach c, e, g, i, l, t gerichtet ist, so daß αc, de, fg &c. scheinbare Horizontallinien sind, β, δ, ε sind die abvisirten Punkte.

Sind nun m, n, o die obersten Stellen der eingeschlagenen Pfähle, also mα, nd, of &c. die Werthe von H, so sind nβ, oδ, pε, &c. die zugehörigen Werthe von Z, und αβ, dδ, fε &c. die zugehörigen von λ.

§. 55.

In Bezug auf die Genauigkeit des Nivellements mit dem Fernrohre sind noch einige wichtige Bemerkungen übrig.

Fürs erste hat es seine Schwierigkeit, die Axe des Fernrohres genau nach einer scheinbaren Horizontallinie zu richten.

Des Fernrohres Axe kann durch eingeätzte Kreuze bestimmt werden. Dieses setzt aber völlige Unverrückbarkeit der beätzten Gläser voraus.

Die horizontale Lage dieser Axe erhält man durch die Verbindung des Fernrohres mit einer Libelle d. h. mit einer Glasröhre, welche mit gefärbtem Weingeist so gefüllt ist, daß nur noch eine kleine Luftblase darin zurückbleibt.

Die Glasröhre wird cylindrisch ausgeschliffen [siehe die nachfolgende Note *)]; ihre Länge kann

9 bis 12 rhl. Zolle betragen, ihr Durchmesser $\frac{1}{2}$ Zoll, die Länge der Luftblase 2 bis 4 Zoll.

Man bemerkt die Mitte c (Fig. 18.) der Röhrenlänge mit einem Zeichen, und legt bey der Gefrierkälte die Libelle so, daß die beyden Enden der Luftblase m, n gleichweit von c abstehen, da dann diese Stellen m, n gleichfalls bezeichnet werden.

Hiernächst erwärmt man die Libelle bis zu etwa 40° Reaum. wodurch der Weingeist ausgedehnt und die Luftblase in einen engeren Raum zusammengedrängt wird z. B. von a bis b, wobey die Libelle wieder so gelegt werden muß, daß c a = c b wird, wo dann auch die Stellen a und b wie die vorigen bezeichnet werden.

Beym Gebrauche fällt nun allemal die Gränze der Luftblase am einen Ende zwischen a und m, und am anderen zwischen b und n.

Libelle und Fernrohr müssen beyde so mit dem Stativ verbunden werden, daß man der horizontalen Lage der Fernrohraxe gewiß ist, sobald die Luftblase in die Lage gekommen ist, bey welcher m a = b n ist. *)

Dieses kann etwa dadurch geschehen, daß in einem ruhig stehenden Wasser etwa in einer Entfernung von 100 Fußen von einander zwey aus Diehlen aus-

*) Die Libelle kann ihre völlige Brauchbarkeit erhalten, wenn auch die Glasröhre nicht genau cylindrisch ausgehölt, und daher auch c nicht genau die Mitte der Röhrenlänge ist. Bey ihrer Verfertigung ist es nämlich genug, sie so zu legen, daß die Luftblase nur beyläufig in der Mitte ruhig stehen bleibe z. B. in m n beym Gefrierp. und in a b bey 40° Reaum. Dann nimmt man c in der Mitte zwischen a und b. Bey jedesmaligem ruhigem Stande der Luftblase wird dann von selbst m a = b n.

geschnittene Pfähle, etwa wie Fig. 19. eingesteckt werden, wo jedem zu oberst die ganze Breite der Diehle als Kopf gelassen wird.

In diesem Kopf wird am vorderen Pfahl eine etwa 10 Zoll breite und 15 Zoll hohe Oeffnung ausgeschnitten und ein Faden a b durchgezogen.

Der hintere Pfahl bedarf dieser Oeffnung nicht. Dieser wird am Kopf schwarz angestrichen, nur in der Mitte erhält er statt des Fadens einen weißen etwa $\frac{1}{5}$ Zoll breiten Streifen.

Die Pfähle werden so in das Wasser eingesetzt, daß Faden und Mitte des Streifens gleich hoch über dem Wasser also in einerley Horizontalfläche liegen.

Wird nun bey der oben angegebenen Lage der auf dem Stativ gehörig angebrachten Libelle, das gleichfalls mit dem Stativ verbundene Fernrohr so gerichtet, daß ein nach der bezeichneten Axe desselben durchsehendes Auge den Faden im vorderen und zugleich die Mitte des weißen Streifens im hinteren Pfahlkopf bemerkt, so ist die bezeichnete Axe horizontal.

Diese Lage muß nun auf dem Stativ ein für allemal bemerkt werden, und beyde, Libelle und Fernrohr müssen gemeinschaftlich so mit dem Stativ verbunden seyn, daß mit derjenigen Stellung des Stativs, bey welcher die Mitte der Luftblase in der Libelle unter c fällt, auch nothwendig jene horizontale Lage der Sehrohraxe verbunden ist.

Eine weit einfachere Weise, sich eine Horizontallinie zu verschaffen, nach welcher das Fernrohr in

Uebereinstimmung mit der Libelle gebracht werden kann, findet man §. 57. Besondere Arten, ein solches Werkzeug zu berichtigen, beziehen sich auf die eigene Einrichtung, welche der Künstler einem solchen Werkzeug giebt.

§. 56.

Zu der Schwierigkeit, ein solches Nivellirwerkzeug mit Genauigkeit herzustellen, kommt noch die wegen der Krümmung der Lichtstrahlen, wofür wir oben die Korrektion nach Lamberts Bestimmung angegeben haben. Diese kann aber schon darum nicht als genau angenommen werden, weil sie gleiche thermometrische und hygrometrische Beschaffenheit der verschiedenen Luftgegenden voraussetzt. Vorzüglich kann aber die Verschiedenheit des hygrometrischen Zustandes dabey auf sehr unrichtige Resultate führen. Man muß daher diese Methode mit Vorsicht anwenden, nämlich:

1) nicht auf Entfernungen, die viele tausend Fuße betragen;
2) nicht in Stationen, bey welchen man aus trokkenen Plätzen nach feuchten oder umgekehrt visiren müßte.

Wählt man heitere Täge und nur kurze Stationen, die nicht über 300 bis 500 Fuße betragen, so hat man deshalb nie bedeutende Irrungen zu fürchten.

§. 57.

Wäre man von der horizontalen Lage der Fernrohraxe nicht völlig überzeugt, so kann man den von etwaiger Abweichung herrührenden Fehler dadurch

vermeiden, daß man das Fernrohr jedesmal in die Mitte der Station z. B. in e (Fig 20.) bringt, dann daſſelbe der Libelle gemäß z. B. nach m n richtet und ſo nach q viſirt; hiernächſt bringt man das Fernrohr wieder der Libelle gemäß in die Lage o p und viſirt nach r. Weil nun e q und e r gleich lang ſind, und gleichviel von der horizontalen Lage abweichen, ſo liegen die Stellen v und q in einer horizontalen Ebene, ſo daß auch die Abweichung von der wahren Horizontallinie wegfällt.

§. 58.

V. Die Methode no. 5. §. 44.

Bey dem Nivelliren mit dem Barometer kann man bey aller angewendeten Sorgfalt allemal um 6 bis 8 und mehr Par. Fuße fehlen, daß ſie alſo nur in Fällen angewendet werden darf, wo es auf einen ſolchen Fehler nicht ankommt.

Die Barometerhöhe an der einen Stelle A ſey in Par. Linien = p, an der andern B ſey ſie = q; iſt nun p die größere Zahl, ſo iſt die Höhe der Stelle B über der A beynahe = (log. brigg. p — log. brigg. q) . 10000 Toiſen jede Toiſe = 6 Par. Fuß. Zum Höhenmeſſen der Berge iſt dieſe Methode ſehr bequem und brauchbar. Mehrere Phyſiker haben ſich in den neueren Zeiten viel Mühe gegeben, dieſen Ausdruck durch angegebene Korrektionen der Wahrheit noch näher zu bringen. Es iſt aber der Werth dieſer Korrektionen bis jetzt noch unentſchieden. *)

*) Ich merke hier nur noch an, daß die von Hogrewe (Prakt. Anweiſung zum Nivelliren Hannover, 1800.) angegebene Nivellirwage zu den vorzüglichen gehört, ſo wie die vom Sekretär Schröder, Hofmechanikus zu Gotha, und von Baumann in Stuttgardt verfertigten Werkzeugen. Ich beſitze ein treffliches dergleichen Inſtrument von Letzterem um den ſehr billigen Preiß von 15 Louisd'or. S. auch Müller Beſchreib. eines neuen vorzüglich gemeinnützigen und bequemen Werkzeugs zum Nivelliren. Gött. 1792. Das neueſte hierher gehörige Werk iſt: Traité complet sur la Théorie & la pratique du Nivellement, par Mr. Fabre, Ingenieur en Chef du Corps impérial des ponts & Chaussées. (368 S. in 4. 6 Nivellementstafeln und 21 Kupfert.)

Der
Brückenbau.

Digitized by Google

Erstes Kapitel.

Von den zu hölzernen und steinernen Brücken tauglichen Materialien.

§. 1.

Ein wichtiges Bedürfniß beim Brückenbau, selbst bey hölzernen Brücken, sind die Steine, sowohl in Bezug auf ihren Gebrauch als Bausteine, als in Bezug auf ihren Gebrauch zum Mörtel.

Als Bausteine dürfen sie weder in der Luft, unter den mannigfaltigen Abwechslungen der Temperatur, noch unter dem Wasser, noch unter Abwechslungen von Luft und Wasser erweichen oder zerfallen, oder sich in Schichten zersplittern; auch müssen sie jedem auf sie wirkenden Drucke hinlänglich widerstehen, ohne dabey ihre Form zu verändern. Unter den Steinen, welche diesen Forderungen Genüge thun, verdienen übrigens diejenigen den Vorzug, welche sich leichter nach vorgeschriebenen Formen verarbeiten lassen, und welche mit unserem gewöhnlichen Mörtel eine festere Verbindung eingehen.

§. 2.

Die hierher gehörigen Steinarten sind:

1. Aus dem Kalkgeschlecht:

a.) Der dichte Kalkstein. Er ist gewöhnlich

grau, im Bruch immer dicht, gewöhnlich splitrig, oft ins Muschlige übergehend. Es sind aber nicht alle Abänderungen dieses Steins gleich gut, weil manche, nachdem sie aus dem Steinbruch gekommen sind, der freyen Luft eine Zeitlang ausgesetzt sich spalten. Zeigen sie, nachdem sie ein Jahr lang in freyer Luft, ohne Bedeckung gelegen haben, kein schiefriges Ansehen, und giebt ihnen dann ein Schlag mit dem Hammer noch eine Art von Klang, so gehören sie auch in freyer Luft zu den besten Bausteinen. Frisch aus dem Bruche bleiben sie zu Mauerwerken unter dem Wasser allemal sehr brauchbar. Der, einer Politur fähige, Marmor bleibt allemal ein vorzüglicher Baustein.

b.) Der körnige Kalkstein (weißer Marmor, salinischer Marmor, kleinfliesiger Kalkstein, schuppiger Kalkstein, Urkalk) ist sowohl im Wasser als in der Luft ein treflicher Baustein. Er ist am gewöhnlichsten weiß, schimmernd, auch zuweilen glänzend, und wie aus einzelnen Theilchen zu einer festen Masse zusammengeflossen.

c.) Der Stinkstein (Saustein, Schweinstein, stinkender Kalkstein, Stinkschiefer, bituminöser Kalkstein) ist zu Grundmauern und unter Wasser trefflich. Er scheint sogar im Wasser immer mehr an Festigkeit zu gewinnen.

d.) Der Kalksinter (Tuphstein, Tuffstein, Duckstein). Eine Abänderung dieses Steins

gleicht einer Inkrustation von zusammengebackenem Moose, Schilf u. d. gl.

Eine andere Abänderung ist frey von solchen Materien, hat aber ein mehr oder weniger poröses oft sehr durchlöchertes Ansehen, wodurch sein spec. Gewicht sehr vermindert wird. Diese Abänderung ist für den Wasserbau höchst wichtig, wie die vielen Wiebekingschen soliden Bauten in Baiern beweisen. Nächst den Steinen, welche zum Kalkgeschlechte gehören, widersteht er den abwechselnden Temperaturen am meisten, so daß er selbst einem Flammenfeuer auf kurze Zeit ausgesetzt werden kann, ohne seines Zusammenhangs beraubt zu werden.

II. Aus dem Thongeschlecht:

a.) Der Basalt. Nur ist er wegen seiner ausserordentlichen Härte sehr schwer zu verarbeiten; auch ist der gewöhnliche Mörtel für ihn schwerlich bindend genug, wenn man nicht die poröse Abänderung haben kann.

b.) Der Trapp (Wacke) ist thoniger als der Basalt, daher weicher und leichter zu verarbeiten.

Anm. Aus dem Talk- oder Bittererdengeschlecht würde ich den Serpentin nennen, wenn ich nicht vermuthen müßte, daß für ihn unser gewöhnlicher Mörtel zu wenig bindend wäre. Auch ist er zu schwer zu verarbeiten.

III. Von den gemengten Gebirgsarten.

a.) Granit, ein körniges Gemenge von Quarz, Glimmer und Feldspath.

b.) Gneiß, unterscheidet sich von Granit besonders durch sein schiefriges Gewebe.

Nur sind diese beiden Steinarten zu schwer zu verarbeiten.

c.) Einige Sandsteinarten.

Die Brauchbarkeit eines Sandsteins hängt nicht blos von seinem Korn, sondern vorzüglich von seinem Bindungsmittel ab.

Die feinkörnigen weißen, gräulichen oder von Eisengehalt röthlichen Sandsteine, welche klein gestoßen das Wasser wenig trüben und nicht mit Säuren brausen, sind zum Wasserbau nebst dem oben angegebenen Tuffsteine die brauchbarsten. Sie gewähren noch den wichtigen Vortheil, daß sie sich in hinlänglich großen Massen brechen und leicht nach jeder Form verarbeiten lassen.

d.) Gebrannte Mauersteine, Mauerziegel. Sie müssen aus guter Ziegelerde stark genug gebrannt seyn. Gute Ziegelerde hat allemal eine merkliche Beimischung von Sand, ist eisenhaltig und frey von Kalk und Mergel. Die so gebrennten Steine sind roth und geben, wenn sie gut gebrennt sind, beim Schlag mit dem Hammer eine Art von Klang.

§. 3.

Unter der Härte eines Steins verstehen wir hier das Vermögen, sich bey einem äusseren Drucke der Zermalmung zu widersetzen. Bey jeder Auffüh-

rung

tung von Mauerwerk, wo die Steine einem sehr großen Druck ausgesetzt sind, muß man die Härte der anzuwendenden Steinart entweder schon kennen, oder durch Versuche sie vorher kennen lernen. Dieses geschieht mittelst sehr großer Pressungen, die sich durch lange starke Hebelärme leicht bewirken lassen. Biebeking hat in seiner Allg. Wasserbauk. (3ter Bd. S. 593.) viele von ihm angestellte Versuche mitgetheilt, wovon wir hier nur einige hersetzen wollen.

A.) Mit röthlichem eisenhaltigem Sandstein.
B.) Mit gelbem Sandstein.
C.) Wieder mit röthlichem Sandstein.
D.) Mit Tuffstein.
E.) Mit Nagelflur. (Breccie.)

Dabey war

	Das spec. Gewicht, das des Wassers = 1 gesetzt.	Grösse des zum Versuche gebrauchten Steinwürfels in Bair. Kub. Zollen.	Der kleinste Druck, den bey mehreren solchen Versuchen der Würfel aushielt, bevor er Sprünge bekam. In Bair. Pf.
Für A.	2,909	27	23979
B.	2,890	216	18640
C.	2,909	216	22194
D.	2,000	216	26475
E.	unbest.	216	17483

Also auf die Grundfläche von 36 Quadratzoll reducirt für Littera A. 95916 Pf.

Man sieht, daß die Steinart A bey weitem die

größte Härte hatte. Stellt man die Versuche mit Steinwürfeln zu 216 Kub. Zollen an, so kann man daraus um so mehr auf den Widerstand einer Grundfläche von 36 Quadratzollen schliesen, wenn die Steinhöhe mehr als 6″ beträgt, weil auch die Höhe den Widerstand vergrößert. Man setzt aber diese Vergrößerung bey Seite, und rechnet nach der Regel de tri blos nach Verhältniß der Grundfläche. Hiernach wurde die Härte der Steinart B auf den Quadratzoll 500 Pf., also auf den Quadratfuß 144 × 5 = 720 Ztr. Wiebeking will, man solle nur $\frac{1}{20}$ vom Resultate des Versuchs in Rechnung bringen, welches hier 36 Ztr. betrüge. Nach dieser Forderung würden wir schon zu Bögen von 120′ Weite selten Steine von hinlänglicher Härte finden. Offenbar ist aber schon für hinlängliche Sicherheit in der Ausübung gesorgt, wenn wir mit Perronet $\frac{1}{12}$ vom Resultate der Versuche bey unseren Berechnungen zum Grunde legen. Nur müssen die Versuche mit Steinen angestellt werden, die schon einige Jahre lang der Witterung ausgesetzt waren, und welche nicht über 6″ hoch sind, wogegen man zu den Pfeilern nur Werksteine nimmt, die wenigstens 12″ hoch sind. Wozu sollte hiernach auch die Verbürgung einer noch grösseren Härte nützen?

§. 4.

Ein nicht minder wichtiges Material beym Brückenbau ist das Bindungsmittel, dessen man sich zur Verbindung der Mauersteine unter einander zu bedienen hat. Man unterscheidet hier zweierley Bin-

dungsmittel: 1.) gemeinen Mörtel, sogenannte Speiße; 2.) Wassermörtel, Cemente; ersterer ist zu Mauerwerk in freyer Luft bestimmt, letzterer zu Mauerwerk unter Wasser. Die Größe der Sandkörner ist dabey nicht gleichgültig. Man kann den Sand durch Siebe in 3 Haufen sortiren, so daß die feinste von diesen 3 Sorten, nur durch Löcher von $\frac{1}{48}$ bis $\frac{1}{36}$, die mittlere nur durch Löcher von $\frac{1}{36}$ bis zu $\frac{1}{20}$, und die gröbste nur durch Löcher von $\frac{1}{20}$ bis zu $\frac{1}{8}$ Zoll im Durchmesser durchfällt. Die feinste von diesen Sorten kann feiner Sand, die mittlere gemeiner, und die gröbste grober Sand genannt werden.

§. 5.

Um gemeinen Mörtel zu erhalten, brenne man den Kalk aus guten Kalksteinen, lösche ihn mit soviel Wasser, als er zur völligen Löschung bedarf, und vermenge ihn dann so gleichförmig als möglich mit Sand nach folgendem Verhältnisse:

4 Kub F. gem. Sand.
3 — — grob — —
$2\frac{1}{2}$ — — gelöschter Kalk.

Der Sand soll soviel möglich scharfkantig, und von allem Staube und anklebenden Erdtheilchen frey seyn, also vorher ausgewaschen werden.

§. 6.

Ein guter Cement soll bald erhärten, und im Wasser weder den Zusammenhang unter sich noch mit den Steinen verliehren. In der Berl. Samml.

für die Baukunst (2 B. S. 102.) findet man folgendes Gemenge angegeben:

Kalk mit Ochsenblut gelöscht

Ziegelmehl, soviel als hinlänglich ist, dem Gemenge die Steifigkeit des gewöhnlichen Mörtels zu geben.

Zuverläßiger aber sind folgende Cemente:

A. Der Coriotsche Mörtel, besteht aus einem Gemenge von Ziegelmehl, Sand und gelöschtem Kalk, welches erst beim Vermauern mit ungelöschtem Kalk vermengt wird.

Nämlich:

1 Kub. F. durchgesiebtes feines Ziegelmehl von hartgebrennten Ziegeln.

2 K. F. feiner guter Sand.

$\frac{3}{4}$ bis 1 K. F. gelöschter Kalk;

werden gleichmäßig vermengt und nun erst beim Vermauern durch Wasser noch verdünnt, dann aber 1 K. F. klein zerstoßener ungelöschter Kalk darunter vermengt. Er wird sogleich löschwarm verbraucht.

B. Eine Gemenge von

1 K. F. gelöschtem Kalk

$1\frac{1}{2}$ — fein gemahlenem Traß.

C. Ein ähnliches Gemenge, nur rheinl. Mühlstein statt des Traßes.

D. Ein ähnliches Gemenge, nur Puzzolanerde statt des Traßes.

B, C, D, erhärten sehr bald, und dürfen daher nicht im Vorrath gehalten werden.

Auch stehen sie beim Gebrauch in freyer Luft selbst dem gemeinen Mörtel nach, weil sie dem Kalk das zu seiner steinartigen Bildung, die er wieder annehmen muß, erforderliche Wasser zu frühe entziehen; oder weil die Theilchen des Mörtels nicht lange genug im erweichten Zustande bleiben, um von den Steinen des Mauerwerks allmälig angezogen und mit solchen verbunden zu werden.

E. Klein gemahlener geröfteter Basalt würde wahrscheinlich die Stelle des Traßes vertreten.

Zu Mauerwerken, die bald über bald unter dem Wasser stehen dient

F. 3 K. F. gelöschter Kalk
2 — — Sand
2 — — Traß
} bey den Holländern.

G. $2\frac{1}{2}$ K. F. gel. Kalk
3 — — grober Sand
3 — — feiner Sand
1 — — Traß
} nach Forster

Wiebeking gebrauchte bey Mauerwerk unter dem Wasser bis zu 2 — 3 F. über dem niedrigsten Wasserstande folgenden Mörtel

H. 1 Kub. F. frisch gel. Kalk
1 — — Ziegelmehl
1 — — reinen Sand
$\frac{1}{2}$ — — Glasmehl

$\frac{1}{2}$ — — Schmiedeschlacken
$\frac{1}{2}$ — — Kalkmehl.

Um Mauerwerke beim Brückenbau von Werkstücken im Winter aufzuführen, wo andere Mörtel keine Dienste leisteten, bediente er sich im Winter $\frac{1814}{1815}$ des nachstehenden Mörtels:

I. 11 Pf. Pech
10 — Theer
3 — pulverisirten Schwefel
50 — 60 Pf. gestoßene und fein gesiebte Schmiedeschlacken.

Diese Masse erhält man während der Arbeit in einem eisernen Kessel über einem mäßigen Feuer flüssig, und macht die Fugen 2 Linien stark. Nach einer Stunde ist sie ganz erhärtet und man kann sie förmlich abschleifen. Während dem Anbringen dieses Kittes läßt man die Steine durch daran gehaltene Kohlen in einem Drathnetz, worin sie mit einem Blasebalg angeblasen werden, erwärmen. Wenn die Arbeit ganz vollendet ist, kann man die äusseren Fugen erwärmen, und mit Steinstaub bestreuen lassen, um die schwarzen Fugen weniger bemerkbar zu machen.

Zum Ueberschmieren der äusseren Fugen bedient sich derselbe des folgenden Kitts:

K. 2 Pf. gut gekochtes Oehl
3 — Ziegelmehl

1 Pf. Kalkmehl
3 — Gemenge von Glasmehl mit zerstoßenen Krugscherben.
3 — Schmiedeschlacken.
$\frac{1}{4}$ — Kälberhaare.

Um bey Mauerwerken von Quatern alles Eindringen des Wassers in den Fugen zu verhindern, bedient man sich auch des folgenden Kitts:

L. 5 Pf. Staubkalk, so trocken als möglich.
$2\frac{1}{2}$ — ganz trocknes Ziegelmehl.
$\frac{1}{2}$ — Hammerschlag.
$\frac{1}{4}$ — pulverisirtes Glas.
2 — Leinöhl.

Es ist nicht rathsam, mehr als hier angegeben ist, von einem Manne auf einmal verfertigen zu lassen.

Die Masse wird anfänglich nur mit wenigem Oehle in einem Mörser wohl zusammengestampft, alsdann das übrige Oehl, bis auf $\frac{1}{4}$ Pf., hinzugegossen, und nun die ganze Masse aus dem Mörser genommen, und auf einem großen zugerichteten Werkstein noch 7 bis 8 Stunden lang mit einem 12 bis 15 Pf. schweren Hammer anhaltend geschlagen und unter einander gearbeitet.

Dieser Kitt kann für sich nur ein paar Tage lang in trockener Luft aufbewahrt werden, aber wohl eine Woche lang, wenn man ihn mit einem feuchten Umschlag an einem kühlen Orte verwahrt.

Sein Gebrauch ist folgender:

Die Quatern werden mit einem der vorhergehenden Mörtel gehörig unter einander verbunden, nur läßt man die Fugen der vorderen Wandfläche etwa auf die Tiefe von $1\frac{1}{2}$ Zoll ins Mauerwerk hinein leer oder offen stehen, oder kratzt den etwa darin befindlichen Mörtel bis zu dieser Tiefe heraus, und läßt diese offene Fugen vollkommen trocknen. Vor dem Gebrauch des vorstehenden Kitts werden dann diese Fugen auch noch vom Staube gereinigt und mehrmalen mit Oehl ausgestrichen, und dann der Kitt mit Gewalt in die Fugen eingetrieben. Nach etwa 8 bis 10 Tagen ist diese Verküttung schon gehörig erhärtet; während dieser Zeit müssen etwaige Risse, die im eingetriebenen Kitt hin und wider entstehen, sorgfältig aufgesucht, mit Oehl ausgestrichen und aufs Neue zusammengetrieben werden.

Anm. Gebrannter Gyps ohne Sand (oder höchstens mit 1 Theil Sand gegen 4 Theile Gyps) mit Wasser angerührt, giebt zwar auch ein Bindemittel, welches schnell erhärtet, kann aber nicht als Cement angesehen werden, weil es dem Mauerwerk, selbst in freyer Luft, eine zu schwache Bindung giebt, im Wasser aber und überhaupt an feuchten Oertern seinen Zusammenhang mit den Steinen nach und nach verliert.

§. 7.

Zu Hölzern, welche beym Brückenbau vorkommen, bedient man sich der Eichen, der Tannen, der Förlen (Kiefern) und der Fichten, auch

wohl der Erlen. Das vorzüglichste Nadelholz ist der Lerchenbaum, der aber in Teutschland wenig gepflanzt wird.

Das Eichenholz ist unter den genannten Holzarten die stärkste und dauerhafteste, sowohl in der Luft als im Wasser und unter Abwechslungen von Luft und Wasser, Kälte und Wärme. Man unterscheidet Sommer- und Winter- oder Steineichen.

Die Sommereiche trägt einzelne Früchte an langen Stielen; die Winter- oder Steineiche viele neben einander mit sehr kurzen Stielen. Dagegen haben die Blätter der Sommereiche sehr kurze Stiele; die der Steineiche haben längere; auch sind die Einschnitte des Blatts an der Sommereiche nicht so tief und regelmäßig als an der Wintereiche. Eichen, beyder Arten, von trocknem Boden und von Anhöhen, welche die Mittagssonne genießen, sind die besten.

Die Wintereiche verträgt mehr Kälte, die Sommereiche mehr Hitze. Ueberhaupt aber findet man bey Balken von ersterer nie so breite, tiefe und so lang fortlaufende Risse als bey Balken von der letzteren. Die besten, stärksten und dauerhaftesten Baubölzer erhält man aus Sommereichen von 150 — 180 Jahre, aus Wintereichen von 200 — 220 Jahren. Geschlossene Hochwälder von Sommereichen, die einen den Eichen zuträglichen Boden haben, liefern Stämme, aus welchen sich häufig 30 — 35 Fuß zuweilen auch bis 40 Fuß lange Balken zu 12 — 13 Zoll ins □ beschla-

gen lassen, wenn sie das gehörige Alter haben. Bey andern muß man sich mit 20 — 25′ langen Eichen von jener Stärke begnügen. Wintereichen geben etwa nur $\frac{2}{3}$ so lange Balken von derselben Stärke. Zum Gebrauch im Trocknen müssen alle Eichen im späten Herbst gefällt werden. Uebrigens ist die Wintereiche überhaupt dauerhafter als die Sommereiche.

Dem Eichenholz kommt das Kiefern- oder Förlenholz in Rücksicht auf Dauer am nächsten, auch zum Gebrauche im Wasser. Dann folgt das Tannen-, zuletzt das Fichtenholz. Bekanntlich heißen jene auch, in Bezug auf diese Weißtannen, und letztere Rothtannen. Die sogenannten Holländer-Tannen begreifen beyde unter sich, dahin gehören

100er	zu 102	Fuß	lang und	16″	Durchmesser am dünnen Ende.
90er	92	—	— —	16″	—
80er	82	—	— —	16″	—
70er	72	—	— —	16″	—
60er	62	—	— —	18″	—

Die 2′ werden wegen des Verbohrens bey den Flözen zugegeben; doch behalten die Hölzer ihre angegebenen Benennungen, wenn auch diese Zugabe fehlt.

Förlen zu 60 — 70 Fuß Länge und 13 — 14 — 15 Zoll Durchmesser am dünnen Ende heißen Mastförlen.

Wir haben diese Maaße hergesetzt, um daraus

zu erſehen, in welcher Stärke und Länge die Natur ſolche Stämme liefert.

Die Nadelhölzer haben eine weit größere Elaſticität als das Eichenholz. Eichene Balken ſenken ſich bey einiger Länge ſchon vermöge ihres eigenen Gewichts, und behalten dieſe Krümmung; um ſo mehr zeigen ſie dieſe nachtheilige Eigenſchaft bey bedeutender Belaſtung. Die verſchiedene Natur der Holzarten beſtimmt ihren beſonderen Gebrauch beym Brückenbau.

Das Eichenholz wird zu allen geraden Hölzern gebraucht, welche entweder lothrecht ſtehen, oder in einer anderen Lage hinlängliche Unterſtützungspunkte haben, um gegen ſchädliche allmälige Einbeugung hinlänglich geſichert zu ſeyn. Da aber auch entgegengeſetzte Krümmung gegen dieſe Einbeugung ſchützt, ſo laſſen ſich Eichen in gekrümmter Form auch ſehr wohl als Balken gebrauchen, nämlich als Bogenbalken.

Vorzüglich dient hiernach das Eichenholz zu Schwellen und Röſten, ingleichem zu Pfählen, insbeſondere zu den in der Folge vorkommenden Langpfählen, welche beträchtlich über den Boden hervorragen. Zu Grundpfählen, welche ganz in den Boden eingetrieben werden, dienen auch Erlen.

Zu Pfählen, welche immer unter Waſſer ſtehen, vorzüglich zu Grundpfählen leiſten auch die Nadelhölzer, beſonders die Förlen, gute Dienſte. Ihr wichtigſter Gebrauch iſt der zu Balken. Als Bogenbalken, wozu ſie Wiebeking bey ſeinen Bogenbrücken anwendet, haben ſie den Vorzug vor den Eichen, daß ſie einer ſtärkeren Krümmung fähig ſind. Zu

Schwellen, Pfosten (deren Stelle auch die Langpfähle vertreten) und Hängesäulen sollte man sie nie gebrauchen, wenigstens beym Brückenbau. Doch hat sie Wiebeking überall als Langpfähle zu den Jochwänden gebraucht.

§. 8.

Für die in der Folge vorkommenden Berechnungen fügen wir nachstehende Sätze in Bezug auf Maaß und Gewicht bey.

10 Münchener Pfunde betragen 11 Nürnb.

Das Frankfurter Pf. verhält sich zum Nürnb. = 9208 : 10000.

Das Berliner zum Nürnb. = 9187 : 10000.

Das Berliner zum Baierischen = 8352 : 10000.

Das Cöllnische kann hier mit dem Berliner als völlig äquivalent betrachtet werden.

Der Baierische Fuß ist nach Magold = 0,924 rhl.

— Quadr. F. = 0,86 rhl.

— Kub. F. = 0,80 —

Hartig hat über die Gewichte sehr vieler Holzarten Versuche angestellt. Reducirt man sie auf Berl. und Münchener Gewicht, so erhält man

Holzgattung.	Das Gewicht von 1 rhl. Kub. F. Berl. Pf. frisch	Berl. Pf. dürre	Bair. Pf. frisch	Bair. Pf. dürre
Eichen *) .	71,14	46,78	59,42	39,07
Förlen . .	60,32	36,40	50,38	30,41
Tannen . .	59,12	36,67	49,38	30,63
Fichten . .	57,51	31,18	48,04	26,04

*) Nämlich Steineichen. Die Sommereichen sind etwa um $\frac{1}{38}$ leichter. Bezeichnet man die Gewichte für frische Höl-

Wenn in der Folge Buchstaben, die sich auf Längen beziehen, mit Strichen bezeichnet vorkommen, so beziehen sich solche auf Fuße, Zolle oder Linien, z. B. δ', β'', λ''', ist soviel als δ in Fußen, β in Zollen, λ in Linien.

§. 9.

Wiebeking hat über die Beugung, deren starke Balken, ohne Gefahr zu knacken, fähig sind, in seinen Beytr. zur Brückenbauk. S. 76 bis 80 Versuche mitgetheilt, wovon wir hier nur die folgenden Resultate hersetzen wollen.

1) Ein 16″ ins □ starker, $53\frac{1}{2}$ Fuß langer fichtener, schon etwas trockener Balken wurde auf die Bogenhöhe von $\frac{1}{36}$ der Länge gekrümmt.

2) Ein 12″ starker 58′ langer auch schon etwas trockener fichtener Balken wurde zu einer Bogenhöhe von $\frac{1}{15,8}$ der Länge gebogen.

3) Der (no. 2.) gespannte Bogen wurde in seiner Mitte mit 96 Zentner belastet, und hierdurch im Scheitel 5 Zolle herabgedruckt, ohne daß ein Knacken erfolgte.

Diese Bestimmungen (no. 1 bis 3) beziehen sich auf Münchener Maaß und Gewicht.

Da übrigens Hölzer sich destomehr krümmen lassen müssen, je länger sie unter sonst gleichen Umständen sind, bey dem Versuch no. 3, aber die Bogenschenkel zu beyden Seiten des

---

er mit f, für dürre mit d, so thut man wohl, wenn man beym Brückenbau die Gewichte $= \frac{2f+d}{3}$ setzt.

Scheitels nothwendig über ihren Sehnen noch höher aufschwellen mußten, so daß sie über ihren Sehnen größere Bogenhöhen bildeten als no. 2.; so folgt, daß der 58′ lange Balken no. 2. zu einer noch merklich bedeutenderen Höhe als der von $\frac{1}{15,8}$ der Länge hätte gespannt werden können.

4) Runde Hölzer nach ihrem natürlichen Wuchse lassen sich tiefer beugen, als verzimmerte Balken, unter sonst gleichen Umständen.

5) Mehrere auf einander gelegte Balken lassen sich, ohne zu knacken, zu einer größeren Bogenhöhe krümmen, als jeder dieser Balken für sich allein.

Dieser Satz muß jedoch offenbar auf die Bedingung beschränkt werden, daß die Balken sich beym Krümmen über einander verschieben können.

6) Frisches Holz ist in höherem Grade beugsam als trockenes.

7) Holz, das über 10 Tage im Wasser gelegen hat, ist weniger elastisch und nicht so beugsam als anderes.

§. 10.

Eytelwein hat in seinem Handbuche der Statik fester Körper (2r B. S. 262.) eine Tafel für die absolute Festigkeit vieler Materien angegeben, wovon ich hier nur die folgenden anmerke. Die Bruchebene ist dabey ein rhl. Quadratzoll. Die angegebenen Gewichte bezeichnen also die Kraft, welche bey jeder Materie nöthig wäre,

einen Stab zu 1 Quadratzoll dick der Länge nach zu zerreisen.

Holzart.	Festigkeit in Berl. Pf.	Holzart ꝛc.	Festigkeit in Berl. Pf.
Buchen	22360	Kiefern vom Kern	21400
Eschen	21480	zwischen Kern	
Eichen vom Kern	26600	u. Splint .	20873
zwischen Kern		Eisen, teutsches	
u. Splint .	21940	gegossenes .	70433
Linden	13870	gem. geschmied.	71300
Erlen	24740	Messing . . .	48480
Ulmen	14857	Kupf. schwed. gegoß.	58463
Tannen	15400	— geschm.	38865
Fichten	10920	Zinn, engl. . .	6167
		Bley	913
		Hänfene Seile .	9000

Bezeichnen wir die hier angegebenen Zahlen mit k, die Größe irgend einer vorkommenden Bruchebene mit B (in Bezug auf rhl. Q. Zolle), und die absolute Festigkeit, in Bezug auf Berl. Pfunde mit F, so hat man

$$\text{I. } F = B \cdot k.$$

In Fällen der Ausübung muß man beym Gebrauch dieser Zahlen sehr sorgfältig zu Werk gehen. Da verschiedene Versuche mit Materien besonders mit Hölzern derselben Art immer wieder andere Zahlen geben, zumal wenn Klima, Lage und Boden der Waldungen und selbst der Stand in dem Walde verschieden sind, so versteht es sich von selbst, daß alle obige Zahlen

nur als beyläufige Bestimmungen anzusehen sind, so daß man sie alle in die nächsten runden Zahlen hätte abrunden können, z. B. 22400 statt 22360 ꝛc. In der Anwendung auf wirkliche Bauten muß ohnehin F viel kleiner in Anschlag kommen.

Für hänfene Seile und für gegossenes Eisen rathe ich nur $F = \frac{1}{6} B k$ zu setzen. Für alle übrigen Materien $F = \frac{1}{3} B k$. Ist bey Hölzern von einer Dauer auf eine lange Reihe von Jahren die Rede, so muß F noch kleiner angenommen werden.

Ebendarum wäre es auch lächerlich, in hierher gehörigen Untersuchungen die Berechnungen so genau führen zu wollen, als ob man wirklich bis auf $\frac{1}{100}$ die Resultate zu bestimmen vermögte. Solche Pedanterien müssen Theoretikern überlassen bleiben, welche nie ihren Pult oder Schreibtisch verlassen haben. Wenn wir daher in der Folge bey Berechnungen nicht immer ganz scharfe Resultate angeben, und wenn die, welche uns nachrechnen, nicht immer dieselben Zahlen finden so muß man darin nicht sogleich einen Druck- oder Rechnungsfehler entdeckt zu haben glauben.

§. 11.

Die horizontal gemessene Dicke eines parallelbipedischen Balkens bezeichnen wir in der Folge allemal mit b oder δ, seine lothrecht gemessene Höhe mit h

oder

oder β, seine Länge (soweit er nämlich zwischen beyden unterstützten Enden hohl liegt, oder auch seine ganze Länge, wofern er nur in der Mitte unterstützt ist) mit λ; das Gewicht des Balkens auf die Länge λ mit q; die Last, womit ein an beyden Enden unterstützter Balken in seiner Mitte beschwert ist, mit Q in Bezug auf Pfunde; das Gewicht von einem Kub. Fuß des Balkens mit p. Hiernach haben wir

II. $q = \lambda . b . h . p$

wo p aus §. 8. genommen wird.

§. 12.

Liegt ein Balken mit beyden Enden frey auf, so hätte man, wofern alle Theilchen der Bruchebene gleichmäßig widerstehen und im Falle des entstehenden Bruchs alle Theilchen in einem einzigen Moment plötzlich aus einander gerissen würden, für den Fall des Gleichgewichts

$$\frac{1}{2} Q . \frac{1}{2} \lambda + \frac{1}{4} q . \frac{1}{2} \lambda = \frac{1}{2} h . bh . k \text{ (C}$$

Daher $Q = \frac{2 b h^2 k}{\lambda} - \frac{1}{2} q.$

Aber jene Bedingung des Brechens ist den Materien und besonders den Hölzern keinesweges angemessen; wir können die Entfernung, in welcher der Mittelpunkt des Zusammenhangs oder der vereinte Widerstand der Festigkeit von der Umdrehungsaxe der Bruchebene absteht, nicht $= \frac{1}{2} h$ setzen, sondern müssen unbestimmt s. $\frac{1}{2} h$ statt des Faktors $\frac{1}{2} h$ in (C) schreiben und dieses giebt

III. $Q = \frac{2 b \cdot h^2 k}{\lambda} - \frac{1}{2} q$ Berl. Pf.

wo im ersten Gliede zur Rechten alles in rhl. Zollen ausgedruckt werden muß, weil k sich auf die Bruchebene von 1 Q. Z. bezieht §. 10.

Die Größe des unveränderlichen Produkts $2 \cdot k$ muß aber für die verschiedenen Holzarten aus verschiedenen Holzarten aus Versuchen im Großen abgeleitet werden. Wir erhalten nach Eytelwein (Stat. II. B. S. 358 u. ff.)

1. Für Förlen od. Kiefern $2 \cdot k = 11512$ Berl. Pf. also $\lambda = 0{,}292$
2. — Sommereichen . . . $= 16024$ . . $= 0{,}376$
3. — Stein- od. Wintereichen $= 16436$ . . $= 0{,}371$
4. — Rothtannen od. Fichten $= 8196$ . . $= 0{,}375$
5. — Weißtannen . . . $= 10948$ . . $= 0{,}355$
6. — Rothbuchen . . . $= 18848$ . . $= 0{,}421$
7. — Weißbuchen . . . $= 12020$ . . $= 0{,}294$
8. — Erlen . . . . . $= 13796$ . . $= 0{,}278$

Aber die Formel III. würde beym Gebrauch dieser Zahlen die Last Q, womit der Balken in seiner Mitte beschwert werden dürfte, nur für das Gleichgewicht mit der dem Bruche widerstehenden Kraft für den noch neuen Balken angeben.

Begreiflich wird die Tragkraft der Hölzer mit zunehmendem Alter allmählig geringer. Diese Abhängigkeit vom Alter läßt sich durch keine Theorie, und selbst nicht durch Erfahrungen allgemein und mit Genauigkeit bestimmen, besonders wenn, wie hier, von

Hölzern die Rede ist, welche allen Angriffen von Wind und Wetter, Wärme und Kälte frey ausgesetzt sind. Allgemeine Bestimmungen von etwa möglicher Dauer einer hölzernen Brücke würden gar keine Aufmerksamkeit verdienen. Beyspiele von Hölzern, welche nach 25 Jahren untauglich geworden waren, können die Behauptung nicht begründen, daß eine hölzerne Brücke auf die kurze Dauer von 25 Jahren beschränkt werden müsse. Wir können auch nicht nach einzelnen Jahren zählen, sondern müssen die Sicherheit für gewisse nicht sehr kleine Zeiträume zu erhalten suchen. Bey der großen Schwierigkeit, hier zu festen Bestimmungen zu gelangen, nehmen wir bey den Nadelhölzern zur Sicherheit für die Ausübung an:

Gleich anfänglich oder im ersten Jahre haben die Hölzer nur die Hälfte ihrer nach Versuchen gefundenen Tragkraft.

Im Alter von 15 — nur noch $\frac{1}{4}$

— 30 — — — $\frac{1}{8}$

— 45 — — — $\frac{1}{16}$

Anm. Wir dringen die zu den Bestimmungen $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ angenommenen Zeiträume von 1 — 15 — 30 — 45 Jahren Niemanden auf. Andere mögen 1 — 10 — 20 — 30 Jahre dafür setzen. Für Brücken von Dauer nehmen wir indessen allemal die letzte Bestimmung $\frac{1}{16}$.

Und hiernach erhalten wir

	Werthe von 2 • k auf einen Zeitraum von *)			
	1J.	15J.	30J.	45J.
1. Für Förlen . . .	5756	2878	1439	719
2. — Sommereichen	8012	6000	4000	2000
3. — Steineichen .	8218	6200	4200	2200
4. — Fichten . . .	4098	2049	1024	512
5. — Weißtannen .	5474	2737	1369	689
6. — Rothbüchen .	9424	4712		
7. — Weißbüchen .	6010	3005		
8. — Erlen . . .	6898	3449		

Berl. Pf.

Bezeichnen wir also diese Zahlen mit E, so erhalten wir

$$\text{IV. } Q = \frac{E \cdot b\, h^2}{\lambda} - \frac{1}{2} q \text{ Berl. Pf.}$$

alle Abmessungen in Bezug auf rhl. Zolle, oder auch

$$\text{IV*. } Q = \frac{E \cdot h}{\lambda} b'' \cdot h'' - \frac{1}{2} q = \frac{E \cdot b}{\lambda} (h'')^2 - \frac{1}{2} q$$

wo h und λ oder b und λ im Zähler und Nenner ohne Striche stehen, um anzudeuten, daß es im Bruch gleichgültig ist, ob sich die Maaße auf Fuße oder auf Zolle beziehen,

*) Die Eichen veraltern bekanntlich nicht so wie die Nadelhölzer. Buchen und Erlen aber beym Gebrauch in der freyen Luft weit schneller, daher ich für diese in den beyden letzten Perioden gar nichts angegeben habe.

wenn sie nur im Zähler und Nenner einerley Maaß bezeichnen. Dieselbe Bemerkung gilt für ähnliche Ausdrücke in der Folge.

Uebrigens setzen IV und IV* Balken voraus, welche mit ihren Enden frey aufliegen, ohne eingespannt zu seyn.

§. 13.

Greifen horizontale Balken mit ihren Enden tief in Mauern ein, oder sind sie an ihren Enden aufgedollt oder sonst fest verspannt, und dann in ihrer Mitte mit einer Last Q beschwert, so wird der Widerstand doppelt so groß, so daß man jetzt bis zum Brechen $Q + \frac{1}{2} q = \frac{2 E h}{\lambda} . b'' h''^2$ nehmen kann, also für diesen Fall

V. $Q = \frac{2 E h}{\lambda} . b'' h''^2 - \frac{1}{2} q$ Berl. Pf.

oder auch $Q = \frac{2 E b}{\lambda} . (h'')^3 - \frac{1}{2} q$

Ex. Es sey $b'' = 12$, $h'' = 12$, $\lambda = 50'$, der Balken von Förlenholz, so setzen wir zuerst (§. 8.)

$q = 50 . \frac{2 . 60{,}32 + 36{,}40}{3} = 50 . 52 = 2600$ Pf.

Wird Tragkraft auf 45 Jahre verlangt, so ist (§. 12.) $E = 719$, also, wenn wir V gebrauchen,

$Q = \frac{2 . 719 . 1}{50} . 12 . 12 - 1300 = 4141$ Berl. Pf.

§. 14.

Liegen n Balken von der Dicke b und der Höhe h auf einander, und bleibt q das Gewicht eines einzelnen Balkens

1.) so, daß sie sich über einander beim Einbeugen verrücken können, so ist für sie zusammen

$$\text{VI. } Q = n \cdot \left(\frac{E\,h}{\lambda} \cdot b'' h'' - \frac{1}{2} q\right)$$

oder auch $Q = n \cdot \left(\frac{E\,b}{\lambda} (h'')^2 - \frac{1}{2} q\right)$

2.) so, daß sie durch Verspannung verhindert sind, sich über einander zu verrücken. Läßt man in diesem Falle n Balken für einen einzigen von der Höhe n . h gelten; so wird aus h . h'' jetzt n . h . nh'' oder n^2 . h . h'', und

$$Q = \frac{2\,n^2 \cdot E\,h}{\lambda} \cdot h'' b'' - \frac{n}{2} q \,.$$

nämlich in Bezug auf erfolgendes Brechen.

Wir setzen dafür zur Sicherheit:

$$\text{VII. } Q = \frac{(n+1)^2 \cdot E\,h}{2\,\lambda}\, h'' b'' - \frac{n}{2} q$$

wo wir nämlich $\frac{n+1}{2}$. h statt h gesetzt haben.

§. 15.

Es erhellet hieraus, daß man durch vergrösserte Höhe eines Balkens weit mehr für die Tragkraft gewinnt als durch vergrösserte Dicke. Es kommt nämlich darauf an, aus einem runden Stamm einen parallelepipedischen Balken so heraus zu hauen, daß $b . h^2$ ein Maximum werde.

Es sey nun der Kreis (Fig. 1.) der senkrechte Durchschnitt eines Stamms an seinem schwächeren Ende, und a c sein Durchmesser, a b c d der senkrechte Durchschnitt des stärksten Balkens, a d = h,

$ab = b$ und $ac = D$, so ist $h^2 = D^2 - b^2$, also $b\,h^2 = D^2\,b - b^3$. Die Differentialrechnung für das Maximum von $b\,h^2$

$$\frac{D^2 . db - 3b^2 . db}{db} \quad \text{oder} \quad D^2 - 3b^2 = o$$

also $b^2 = \frac{1}{3}D^2$; $h^2 = D^2 - b^2 = \frac{2}{3}D^2$

In der Ausübung ist es hinlänglich $h = o,8 . D$ zu nehmen, und dann die Sehne dc für die Dicke beizubehalten.

Kehrt man den so behauenen Balken um, so daß ad horizontal und ab lothrecht wird, so verhält sich die Tragkraft des höheren Balkens zu der des breiteren oder dickeren wie ad zu ab.

§. 16.

Ist ein auf die Länge λ hohl liegender horizontaler Balken irgendwo ausser der Mitte in der Entfernung x vom nächsten Widerlager mit einer Last M beschwert, welche einer Last Q in der Mitte äquivalent seyn sollte, so müßte $M =$

$$\left(\frac{\frac{1}{2}\lambda}{x} + \frac{\frac{1}{2}\lambda}{\lambda - x}\right) . \frac{1}{2}\,Q \text{ seyn, oder}$$

VII. * $$M = \frac{\lambda^2}{4\,x\,.\,(\lambda - x)} . Q$$

Der Nenner dieses Ausdrucks wird ein Maximum, wenn $x = \frac{1}{2}\lambda$ wird, also trägt der Balken in seiner Mitte die kleinstmögliche Last. (S. unten §. 164. Anm.)

§. 17.

Bey gekrümmten Balken oder Bogenbalken ist der Erfolg von der Belastung sehr von dem bey geraden Balken verschieden. Der Bogenbalken ist durch das Krümmen selbst dem Zustande des Brechens schon näher gebracht worden, indem die Fibern eines solches Bogenbalkens, welche seiner oberen Fläche näher liegen als der unteren, nothwendig schon gedehnt sind. Wird ein solcher Balken in der Mitte belastet, so muß der Scheitel etwas tiefer sinken, die Schenkel zu beiden Seiten des Scheitels müssen daher aufschwellen und eine stärkere Krümmung annehmen, insofern er deren fähig ist. Ist daher ein Balken schon bis zur Gränze seiner Beugbarkeit gekrümmt, und wird er nunmehr in seinem Scheitel auch nur mit einer geringen Last beschwert, die vielmal kleiner als die Tragkraft eines ähnlichen horizontalen Balkens wäre, so müßte er alsbald einbrechen. Eben hieraus ist klar, daß es für gekrümmte Balken allemal ei e bestimmte Gränze der Krümmung geben müsse, über welche hinaus das Maximum der Tragkraft (bey dessen Ueberschreitung der Balken sich bis zum wirklichen Brechen senkt) kleiner wird als beim geraden Balken. In diesem Kapitel müssen wir es in Bezug auf Bogenbalken bey dieser allgemeinen Bemerkung belassen. S. unten §. 154.

Zweites Kapitel.

Vom Einrammen der Pfähle.

§. 18.

Eine der wichtigsten Arbeiten beim Brückenbau ist das Einrammen der Pfähle, welche hier grosse Lasten zu tragen und gegen das Sinken zu sichern bestimmt sind.

Da die Pfähle nach Beschaffenheit des Bodens zuweilen zu einer beträchtlichen Tiefe (16 — 20 — 25 rh. Fuß) eingetrieben werden müssen, um gegen das Sinken der aufzulegenden Last hinlänglich gesichert zu seyn, so muß man sich mit hinlänglich langen Pfählen versehen, vorzüglich bey den Langpfählen (§. 7). Die paar ersten Pfähle belehren uns schon einigermaaßen über die Beschaffenheit des Bodens. Doch muß man immer darauf rechnen, daß der folgende Pfahl noch einige Fuße tiefer als derjenige eingetrieben werden könne, welcher unter den vorhergehenden am tiefsten eingetrieben worden ist.

§. 19.

Runde Pfähle lassen sich leichter eintreiben als beschlagene oder vierkantige Gerad gewachsene Stämme von Nadelhölzern werden daher, nur der Rinde entblöst, am besten in ihrer natürlichen Rundung beibehalten, nur daß man, wo Rundung fehlt, noch nachhilft. Gedrehte oder windeschief gewachsene Stämme taugen nicht zu Pfählen. Pfähle von Eichenholz werden allemal behauen, so daß sie entweder

ein der Rundung sich näherndes vielseitiges Prisma oder ein Parallelepipedum bilden. Doch läßt man sie nach der Spitze hinab etwas pyramidisch, die von Nadelholz etwas konisch zulaufen. Jeder Pfahl erhält eine seiner Stärke angemessene Spitze, die am besten 3seitig geformt ist, so daß sich der untere Theil in eine etwas stumpfe 3eckte Pyramide endigt.

In sumpfichtem, schwammigem oder thonigem Boden bedürfen die Pfähle an ihrem unteren Ende keiner besonderen Verwahrung. In schwierigeren Fällen werden sie beschuht d. h. mit einem Eisen beschlagen, welches eine starke Spitze mit 3 oder 4 aufwärts gerichteten Flügeln oder Federn hat, worin sich Nagellöcher befinden, deren Oeffnungen etwas höher sind, als nach der Dicke der durchgehenden Nägel nöthig wäre, damit sich der Pfahl noch etwas bey den erfolgenden Schlägen auf das Eisen, woran sich die Spitze befindet, aufsetzen kann. Ein solcher Schuh wiegt bey kleinerm nicht über 8″ starken Pfählen nicht leicht unter 4 Pf.; aber auch bey den stärksten und im festesten Boden ist ein 10pfündiger hinlänglich.

§. 20.

Die Grundpfähle (§. 7.) können 8 — 12 Zolle stark seyn (rhl.); die Langpfähle 12 — 18 Zolle. Ihr Abstand von einander hängt von zweierley Bestimmungsgründen ab: 1.) sie dürfen nicht zu nahe neben einander eingetrieben werden, um nicht den Boden zum Nachtheil der Festigkeit zu zertrümmern und aufzulockern. Bey Grundpfählen kann

ihr Abstand von einander der nach derselben Richtung laufenden Dicke gleich seyn; bey Langpfählen kann er 4 — 6 — 8 Zolle mehr betragen. Doch kann gar wohl Pfahl an Pfahl eingetrieben werden, weil sich dann kein lockerer Boden zwischen ihnen befindet. 2.) Ihr Abstand von einander hängt aber auch von der Last ab, welche sie zu tragen haben. Ist diese Last $= Q$, die welche ein Pfahl zu tragen vermag $= q$, die erforderliche Anzahl von Pfählen $= N$, so muß N nicht $< \frac{Q}{q}$ seyn.

Um nun der Forderung Nro. 1. Genüge thun zu können, muß man die einzelnen Pfähle so eintreiben, daß q groß genug werde, weil mit der Vergrösserung von q die Zahl N kleiner wird, so daß die Pfähle nicht zu nahe neben einander stehen müssen.

§. 21.

Frisches oder grünes Holz ist specifisch schwerer und überdies schwammiger als trockenes, daher aus doppeltem Grunde zum Eintreiben nicht so geschickt als trockenes, wie wir aus der nachfolgenden Theorie des Einrammens ersehen werden.

Borsten, die der Pfahlkopf nach und nach durch vieles Schlagen erhält, unterbrechen und schwächen die Wirkung des Rammklotzes ausserordentlich. Dergleichen Borsten entstehen aber nicht so bald, wenn der Pfahlkopf zu oberst mit einem eisernen Band oder Ring beschlagen ist, über welchen die Oberfläche des Pfahlkopfs noch etwas hervorragt.

So oft sich Borsten ergeben haben, muß der Pfahlkopf bis aufs feste Holz glatt abgeschnitten werden.

§. 22.

Hätte man das Mißgeschick, daß der Pfahlkopf die Höhe, unter die er nicht hinabgetrieben werden darf, eher erreicht, als er noch hinlänglich festen Stand gefunden hat, daß er also zu kurz ist, so muß man entweder einen zweyten Pfahl aufpropfen, oder einen neuen längeren Pfahl gleich neben jenem eintreiben. Diese Aufpropfung geschieht am besten mittelst eines etwa 3″ breiten Ringes, welcher so um den unteren Pfahl gelegt wird, daß er $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch über demselben hervorsteht; der Pfahl wird dann $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch von oben herab um soviel schwächer gemacht als die Dicke des Ringes beträgt. In der Mitte der Oberfläche des Pfahlkopfs wird nun ein doppelt zugespitztes 14″ = 16″ langes Eisen bis zur Hälfte eingetrieben wie Fig 2., dann die Mitte von der Grundfläche des 2ten Pfahls auf die hervorstehende obere Spitze aufgesetzt, und nun derselbe niedergetrieben, so daß ihn der $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch hervorstehende Ring faßt. Bey Grundpfählen geht dieses aufpropfen allemal an, bey Langpfählen selten, weil diese gewöhnlich auch einen starken Seitendruck widerstehen sollen, also der 2te oder aufgesetzte Pfahl tief genug in den Boden getrieben werden muß. Da dieses selten bewirkt werden kann, so ist bey solchen in gedachtem Falle gewöhnlich ein Nebenpfahl erforderlich.

§. 23.

Beym Brückenbau hat man es, in Bezug auf beabsichtigte Dauer, mit zweyerley Arten von Pfählen zu thun: 1) mit bloßen Gerüstpfählen, deren man z. B. blos zum Aufschlagen der Brücke bedarf; 2) mit stehenbleibenden Brückenpfählen. Jene sollen nur auf kurze Zeit Dienste leisten, brauchen also nicht tief eingetrieben zu werden, da sie Hauptlasten der Brücke zu tragen nie bestimmt sind; sie bedürfen daher auch zum Eintreiben keiner sehr großen Gewalt. Allemal dient zum Einrammen eine feste gewöhnlich parallelepipedische Masse, die von Eichen, Ulmen, Eschen, Buchen, Linden oder Nußbaum genommen, aber auch von Eisen oder einem gemischten Metalle gegossen werden kann. Diese Masse wird das Ramm- oder Fallkloz auch der Rammbär oder schlechthin der Bär genannt. Gerüstpfähle sollen wieder losgewuchtet und ausgezogen werden, und bedürfen daher zu ihrem Eintreiben keiner sehr schweren Bäre; man vergrößert ihren Widerstand lieber durch ihre größere Anzahl als durch tieferes Eintreiben. Auch in steinigem Boden sind 4 Zentner schwere Bäre zu diesen Pfählen schon hinlänglich, und in thonigem Boden kann man sich hierzu oft der bloßen Handrammen bedienen, die nicht über 60 bis 80 Pf. wiegen. Diese besteht aus einem parallelepipedischen Kloz (Fig. 3.), das auf jeder Seite oben und unten Bohrlöcher hat, um 4 Handheben einstecken zu können, wozu man etwa $\frac{5}{4}$' dicke beugsame Stäbe gebraucht, die mit einiger

Anstrengung gebogen und dann mit ihren Enden in jene Bohrlöcher eingesteckt, auch wohl noch mit einigen Keilchen darin befestigt werden. An einer solchen Handramme können 4 starke Arbeiter angestellt werden, welche jeden Pfahl bis zum Stehen d. h. so lange eintreiben, bis er nicht mehr tiefer sinkt, so daß die letzten 10 Schläge zusammengenommen kein Sinken mehr bemerkbar machen. Ist die Handramme bey den Gerüstpfählen nicht hinlänglich, so wird ein 2 — 3 — 4 Zentner schwerer Bär dazu gebraucht, nach Verschiedenheit des Drucks, welchen die Pfähle auszuhalten haben. Man zieht ihn durch eine eigne Ramm-Maschine in die Höhe und läßt ihn dann wieder frey herabfallen, wie beym Einrammen der Brückenpfähle, nur daß man bey diesen schwerere Rammbäre nöthig hat.

Gegossene metallene Bären gestatten ein niedereres Gestelle für die Ramm-Maschine als die hölzernen. Man giebt ihnen am besten eine konische Gestalt; bezeichnen wir den unteren Durchmesser mit D, den oberen mit d, die Höhe mit h, das Gewicht eines Kub. Fußes mit p, und das verlangte Gewicht des Bäres mit P, so giebt die Geometrie

$$P = \frac{1}{3} h \cdot 0{,}785 \cdot \frac{D^3 - d^3}{D - d} \cdot p = \frac{0{,}785 \cdot 7 \cdot D^3}{24} \cdot h p$$

Man kann $d = \frac{1}{2} D$ nehmen, und dann wird hiernach

$$h = \frac{4{,}37 \cdot P}{D^3 \cdot p}$$

Für gegossenes Eisen kann man, weil der Guß selten

durchaus dicht ausfällt, p = 462 Berl. Pf. für 1 rhl. Kub. Fuß annehmen; sollte also der Rammbär 1200 Pf. wiegen, so wäre die erforderliche Höhe

$$h = \frac{4{,}37 \cdot 1200}{D^3 \cdot 462}$$

Nähme man $D = \frac{3}{2}$ Fuß, so hätte man

$$h = \frac{8 \cdot 4{,}37 \cdot 1200}{27 \cdot 462} = 3\frac{1}{3} \text{ Fuß.}$$

§. 24.

Wegen der bedeutenden Länge der Pfähle, welche beym Brückenbau vorkommen können, da sie zuweilen 20 — 25 Fuß tief eingeschlagen werden müssen, um sie bis zum Stehen zu bringen, bedarf man hoher Standbäume, um den Bär hoch genug aufziehen zu können. Diese zum Gestelle der Ramm-Maschine gehörigen Standbäume müssen zugleich so eingerichtet seyn, daß sie dem deßhalb mit Aermen versehenen Bäre zur Leitung im Herabfallen dienen. Auch müssen sie in ein hinlänglich festes Geschwelle eingesetzt und gehörig verstrebt seyn.

Man verfertigt daher ein Gevier oder ein Geschwelle, welches aus einer Vorder-, einer Hinter- und zwey Seitenschwellen besteht, wobey die Vorder- und Hinterschwelle auch noch durch zwey Mittelschwellen, die nämlich zwischen jenen beyden Seitenschwellen unter schiefen Winkeln hinlaufen, mit einander verbunden werden.

In die Mitte der Vorderschwelle wird ein vierkantig behauener Standbaum zu 8″ dick und 9″ breit

eingesetzt, der nach Verschiedenheit des Gebrauchs, welchen man von der Ramm-Maschine zu machen hat, 12 bis 16 Fuße höher seyn kann, als der Bär. Ist diese Höhe nicht hinlänglich, so setzt man die Maschine auf ein Gerüst. An diesem läuft der Rammbär herab, daher er auch der Läufer, auch die Läuferruthe genannt wird.

Dieser Läufer wird durch 4 Strebhölzer festgehalten, welche sich auf beyden Seiten des Läufers 4 bis 6 Fuß tief unter dem oberen Ende desselben anlehnen, und wovon ein Paar auf der Vorder- und das andere Paar auf der Hinterschwelle des oben erwähnten Geviers aufsteht; jene heißen die Vorder-, diese die Hinterruthen.

Eine der Vorderruthen wird von Fuß zu Fuß durchbohrt, und durch die Bohrlöcher werden Sprossen zu etwa $\frac{5}{4}$ Zoll dick durchgesteckt, welche zu beyden Seiten 5 — 6 Zoll lang hervorstehen. Die so besproßte Vorderruthe, welche zur Bestimmung der Maschine dient, heißt daher auch die Leiter.

Das obere Ende des Läufers wird verzapft; und nun ein in seiner Mitte verlochter etwa 5′ langer Querbalken aufgelegt, welcher der Triezkopf genannt wird.

In diesem Triezkopfe werden zwey Rollen zu 13 — 14 auch wohl mehr Zollen im Durchmesser angebracht, über welche ein Tau, das sogenannte Pfahltau, gelegt wird, womit die einzurammenden Pfähle aufgezogen werden, um sie in ihre gehörige Stellung zu bringen.

Dieses Aufziehen geschieht durch eine sogenannte Winde, eigentlich durch einen Kreuzhaspel, dessen Rundbaum unten auf beyden Hinterruthen horizontal aufliegt. Etwa $2\frac{1}{2}$ Fuße tief unter dem Triezkopf liegt die Mitte der Rammscheibe, deren Durchmesser nicht unter 3′ betragen soll; sie kann $3-3\frac{1}{2}$″ dick seyn. Ueber diese Scheibe wird das Rammtau, an dessen einem Ende der Bär befestigt ist, gelegt, und in solchem in gehöriger Entfernung vom Boden, auf welchem die Zugknechte stehen, ein Kranz geschlungen, an welchem so viele Zugleinen befestigt werden, als Arbeiter zum Ziehen erforderlich sind. Die Enden dieser Zugleinen werden um runde Hölzer gewunden, an welchen die Arbeiter mit beyden Händen bequem niederziehen können.

1. Anm. Statt eines einzigen Läufers können auch zwey in paralleler Stellung neben einander angebracht werden. In diesem Falle darf man nur an die hintere Fläche des Rammbäres von oben herab ein Balkenstück oder dickes Bohlenstück nach der ganzen Länge des Rammbäres anlegen, welches in den Zwischenraum zwischen den beyden Läufern paßt und hinter solchen etwa 4 Zolle hervorragt. Dieses Balkenstück wird wie a b (Fig. 4 und 5) an den Bär M angeschroben, dann zweymal durchlocht, und nun, wenn der Bär an die Läufer angelegt worden, durch die Löcher 2 hölzerne Schließen v, w durchgeschlagen, so daß die hintere Seite des Bärs mit den durchgeschlagenen Schließen und Schrauben wie Fig. 5 aussieht.

Anm. 2. Ich rede hier nur von Zugrammen, bey welchen nämlich der Bär durch die an den Zugleinen angreifenden Arbeiter aufwärts gezogen wird. Die sogenannten Kunstrammen, die man richtiger Haspelrammen nennen würde, übergehe ich ganz, weil jene beym Brückenbau weit vortheilhafter sind (unten §. 38.) s. Eytelweins Beytr. zur Wasserbauk. 1 Heft. *)

§. 25.

Die Theorie der Ramm-Maschine kann hier nicht übergangen werden, weil sie mit zur gründlichen Kenntniß und wissenschaftlichen Bildung eines Brückenbaumeisters gehört und auf ihr mehrere praktisch wichtige Regeln beruhen. **)

Wenn ein Körper nach irgend einer Richtung mit der Geschwindigkeit C abgeworfen wird, ihm aber in dieser Richtung eine unveränderliche Kraft entgegen wirkt, vermöge der in 1 Sek. den Weg k durchlaufen könnte, so giebt der Quotient $\frac{C^2}{4k}$ den Weg an, welchen der Körper wirklich durchlaufen wird, bis seine Geschwindigkeit = o wird.

---

*) Bey den Haspelrammen windet sich das Zugseil um die Welle eines Haspels. Es wären Fälle möglich, wo ihr Gebrauch nothwendig würde. s. unten §. 174.

**) Ich erinnere hier noch einmal, daß das Einrammen der Pfähle eine der wichtigsten Arbeiten beym Brückenbau ist. Bey hölzernen Brücken liegt der Grund ihres Ruins fast allemal, und bey steinernen wenigstens zuweilen in Fehlern, welche beym Einrammen der Pfähle begangen worden sind.

§. 26.

Zwey Massen M und m (welche in Pfunden ausgedruckt werden können) stoßen in entgegengesetzten Richtungen an einander; die M mit der Geschw. C, die m sey ruhig; die M setzt nach dem Stoße ihre Bewegung mit der Geschwindigkeit G fort; der Grad der Elasticität von M sey ε, die vollkommen = 1 gesetzt, so ist

$$\text{VIII. } G = \frac{(M - \varepsilon m) \cdot C}{M + m}$$

Je größer also m (z. B. das Gewicht des Pfahls) und je größer die Elasticität (ε) des Fallklotzes (M) ist, desto geringer ist die Geschwindigkeit (G), mit welcher das Fallklotz im Augenblick des Stoßes seine Bewegung fortsetzt.

Hingegen ist die Geschw. des ruhig gelegenen Körpers m nach dem Stoße.

$$\text{IX. } = \frac{(1 + \varepsilon) M \cdot C}{M + m}$$

d. h. desto größer, je elastischer die Masse M ist.

Der Pfahl dringt also mit jedem Schlage desto tiefer ein, je elastischer die Materie des Fallklotzes ist. Die Elasticität des Pfahls hingegen hat auf seine Bewegung gar keinen Einfluß.

Wiebeking behauptet in seiner A. Wasserbaukunst, die Elasticität des Fichtenholz sey der Grund, warum fichtene Pfähle leichter eingetrieben werden können, als eichene. Der Grund aber liegt im kleineren Werthe von m bey demselben Volumen, weil der Nenner des vorstehenden Bruchs dadurch kleiner wird.

§. 27.

Es sey nun allgemein

Die Masse des Bärs = P

des Pfahls = Q

Der Widerstand des Pfahls beym Tiefersinken = R

Die Fallhöhe des Bärs = H

Die durch den Fall erlangte Geschw. = C

Die Geschw. des Pfahls am Anfang seiner Bewegung = G

Die Tiefe, um welche der Pfahl durch einen Schlag niedergetrieben wird, = τ

Das Gewicht, welches man auf den Pfahl auflegen müßte, damit er ohne Schlag nur noch bemerkbar zu sinken anfienge = Z;

Man soll das Verhalten aller dieser Größen gegen einander bestimmen.

Wir müssen zum voraus bemerken, daß wir den Massen, welche wir zu Rammbären gebrauchen, keine bedeutende Elasticität beylegen können. Wir betrachten also den Rammbär als einen harten Körper, wodurch die Sicherheit des Resultats noch gewinnt. Eben darum müssen wir auch annehmen, daß nach dem Schlage Rammklotz und Pfahl mit gleicher Geschwindigkeit tiefer sinken. Nach diesen Voraussetzungen folgt nun

Aufl. 1. Nach (§. 25.) ist $\tau = \frac{G^2}{4k}$

2. $G = \frac{P}{P+Q} . C$; auch ist $k = \frac{R}{P+Q} . g.$

3. Also $\tau = \frac{\frac{P^2}{(P+Q)^2} \cdot C^2}{4 \cdot \frac{R}{P+Q} \cdot g} = \frac{P_2 \,.\, C^2}{4.(P+Q)g.R}$

Aber $\frac{C^2}{4g} = H$, also

$$\tau = \frac{P^2}{(P+Q).R} \,.\, H$$

4. Im Augenblick des Schlags wirkt nun das Fallklotz nicht blos als bewegte Masse, sondern auch vermöge der Schwere als Gewicht, so daß es jetzt so gut ist, als hätte der Pfahl das Gewicht $Q+P$; eigentlich müssen wir also den Widerstand des Bodens so nehmen, wie er nach Abzug der Summe $Q+P$ herauskommt. Ist also die Hinderniß, mit welcher der Boden entgegenwirkt, $= W$, so hat man, in Bezug auf den Effekt des Schlags, $R = W - (Q+P)$, und $R+P = W-Q$. Nun ist aber offenbar auch $Z = W-Q$, folglich $R+P = Z$, wo R der Widerstand ist, welcher der Wirkung des in Bewegung gesetzten Rammbärs entgegengesetzt ist, also dasjenige R, worauf sich die Gleichung $k = \frac{R}{P+Q} \,.\, g$ bezieht. Setzen wir nun hiernach $Z - P$ statt R, so erhalten wir

$$X \,.\, \tau = \frac{P^2}{(P+Q) \,.\, (Z-P)} \,.\, H$$

5. Genau genommen ändert sich der Widerstand während dem Sinken, das bey einem Schlage erfolgt. Da aber diese Formel nur auf Fälle angewendet wird, wo τ einen sehr kleinen Theil der Tiefe beträgt, bis zu welcher der Pfahl schon eingetrieben ist, so fällt von

selbst ins Auge, daß dieser Umstand hier ganz bey Seite gesetzt werden kann.

§. 28.

Nach dem vorigen §. müßte, so klein auch P, und so groß auch Z wäre, doch allemal mit jedem Schlage der Pfahl tiefer in den Boden eindringen, welches der Erfahrung zuwider ist. Daher verdient die gefundene Formel noch eine nähere Betrachtung.

Wir können nämlich die obersten Theilchen des Pfahlkopfes im ersten Augenblick, da der herabfallende Bär den Kopf erreicht, als weich betrachten. Wie aber der Bär, indem er seine Bewegung fortzusetzen strebt, diese oberen Theilchen immer mehr zusammendrückt, äußern auch dieselben immer mehr Widerstand. Der Pfahl kann indessen nicht eher zu sinken anfangen, als bis eine Kompression seiner Theilchen statt gefunden hat, bey welcher sich die komprimirten Theilchen mit einer Kraft = Z wieder auszudehnen streben. Der Pfahl muß also die Theilchen bis zu einer gewissen Tiefe t niederdrücken, bevor der Pfahl weicht.

Während dem sehr kleinen Zeittheilchen, da jene Theilchen um die Tiefe t komprimirt worden sind leidet der Bär in der Fortsetzung seiner Bewegung einen nach und nach immer bedeutender gewordenen Widerstand, der wir der Tiefe des Niederdruckens proportional setzen wollen. Hiernach findet also der von der Höhe H bis zur ersten Berührung des Pfahls herabgefallene Bär in der Tiefe $H + x$ einen Widerstand $= \frac{x}{t} . Z$. Es wirkt also dem Bär

eine verzögernde Kraft f entgegen, die $= \frac{\frac{x}{t} \cdot Z}{P}$

$= \frac{x \cdot Z}{t \cdot P}$ ist.

Die verlohrne Geschw. des Bärs, nachdem er den Weg $H + x$ durchlaufen hat, gehöre der Höhe v zu, so ist,

$$f : 1 = dv : dx \text{ oder } f = \frac{dv}{dx}.$$

Daher $\frac{x \cdot Z}{t \cdot P} = \frac{dv}{dx}$; also $v = \int \frac{Z x dx}{t \cdot P}$

$$= \frac{Z \cdot x^2}{2t \cdot P} + \text{Const.}$$

Für $x = o$ ist $v = o$, also Const. $= o$, und nun vollständig $v = \frac{Z \cdot x^2}{2t \cdot P}$. Für die ganze Tiefe des Sinkens nach welcher erst der Pfahl gleichfalls zu sinken anfängt, wird $x = t$, also $v = \frac{tZ}{2P}$. Folglich bleibt jetzt nur noch die Geschwindigkeit

$$C = 2 \sqrt{g \cdot (H - \frac{tZ}{2P})}.$$

Setzt man nun $H - \frac{tZ}{2P}$ statt H im vor. §., so erhält man genauer.

XI. $$\tau = \frac{P^2}{(P + Q) \cdot (Z - P)} \cdot (H - \frac{tZ}{2P}).$$

Wäre z. B. $Z = 40 \cdot P$, und der Pfahlkopf so borstig daß man deshalb $t = \frac{1}{4}$ Zoll $= \frac{1}{48}$ Fuß setzen könnte, so wäre $H - \frac{tZ}{2P} = H - \frac{20}{48}$ Fuß; wäre nun H

$= 5'$, so hätte man $H - \frac{20}{48} = 5 - \frac{5}{12}$; man verlöhre also $\frac{1}{12}$ der ganzen Wirkung wegen der Borsten.

§. 29.

Die Formel (XI.) läßt sich auch so ausdrucken.

XII. $\tau = \frac{1}{(1 + \frac{Q}{P}) \cdot (Z - P)} \cdot (H - \frac{t Z}{2 P}) \cdot P$

Je größer nun P genommen wird, desto größer wird in demselben Verhältnisse der Werth von τ in bloßer Rücksicht auf den lezten Faktor P; desto kleiner wird aber auch $(1 + \frac{Q}{P}) \cdot (Z - P)$, also in dieser Hinsicht der Werth von τ aufs Neue vergrößert; endlich aber auch desto kleiner $\frac{t Z}{2 P}$, also deßhalb wieder der Werth von τ größer. Folglich nimmt der Werth von τ in größerem Verhältnisse zu, als das Gewicht des Bärs.

§. 30.

Der Werth von t wird aber auch in dem Falle, wann keine Borsten statt finden, dennoch nicht $= 0$, sobald Z einen etwas bedeutenden Werth erhält, weil sich bey heftigen Schlägen des Bäres auf einen schon sehr fest steckenden Pfahl, selbst die Fasern des Holzes momentanisch zusammenstauchen oder beugen, und sich dann wieder auszudehnen streben. Ja selbst der Boden giebt endlich als ein elastischer Körper nach und erhebt sich nach dem Schlage wieder sammt dem Pfahl. Gesetzt, es sey schon $Z = 400 \cdot P$, und wegen aller vorgenannten Umstände zusammen-

genommen $t = \frac{1}{24}$ Fuß, also $\frac{t\,Z}{2\,P} = \frac{200}{24}$, so hätte man in Bezug auf Fuße

$$\tau = \frac{P^2}{(P+Q)\,.\,(Z-P)}\,.\,(H - 8\tfrac{1}{3})$$

daß also dieser Pfahl nicht tiefer eingetrieben werden könnte, wenn nicht die Fallhöhe mehr als $8\frac{1}{3}$ Fuße betrüge. Daher ist jedem Pfahl eine gewisse Gränze vorgezeichnet, über welche hinaus er mit einem bestimmten Fallklotz bey einer bestimmten Fallhöhe nicht tiefer eingetrieben werden kann.

§. 31.

Aus den vorstehenden Formeln folgt:

XIII. Man gewinnt durch nfache Vergrößerung des Gewichts P ungleich mehr, als durch nfache Vergrößerung der Höhe H.

Man gewinnt also bey einem 16 Ztr. schweren Bär und einer Fallhöhe von 5 Fußen mehr, als bey einem 5 Ztr. schweren Bär und einer Fallhöhe von 16 Fußen.

Und weil der Nenner $(1 + \frac{Q}{P})\,.\,(Z - P)$ desto kleiner wird, also τ desto größer werden muß, je kleiner Q ist, so folgt weiter:

XIV. Unter sonst gleichen Abmessungen sind trockene Pfähle leichter einzurammen als frische oder aus grünem Holz verfertigte; und Pfähle von Nadelholz leichter einzutreiben als eichene.

Der Satz (XIII.) könnte veranlassen z. B. 30 Ztr. schwere metallene Rammbäre zu gebrauchen, und solche nur 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fuß hoch aufziehen zu lassen. Dagegen treten aber andere Gründe ein, die dem Gewichte des Bäres eine gewisse Gränze vorschreiben. Fürs erste würde man dabey in der Geschwindigkeit des Zuges verliehren, weil die Arbeiter mit beschleunigter Bewegung arbeiten, so daß sie, um die Zugleinen 5′ tief herabzuziehen, nicht doppelt so viel Zeit brauchen als zu 2′. Fürs andere wird der Bär durch die erlangte größere Geschwindigkeit beym Tieferziehen der Leinen am Ende immer noch etwas in die Höhe geschnellt, also hiermit seine Fallhöhe noch etwas vergrößert. Fürs dritte würden die zu so schweren Bären erforderlichen vielen Arbeiter sich über eine zu große Bodenfläche verbreiten, so daß die äußeren Reihen unter zu schiefen Winkeln ziehen müßten, womit ein beträchtlicher Theil ihrer Kraft verlohren gienge. Es ist daher sehr zweckmäßig, nicht über 12 bis 14 Ztr. schwere Bären zu gebrauchen, und dabey den Bär 5 rhl. Fuß hoch ziehen zu lassen.

§. 33.

Aus (XI.) folgt noch eine andere höchstwichtige Bestimmung; es wird nämlich

$$(P+Q).\tau Z - P.(P+QZ).\tau = (H - \frac{t}{2P}.Z).P^2$$

folglich

XV.
$$\begin{cases} Z = \dfrac{P^2 H + P.(P+Q).\tau}{(P+Q).\tau + \frac{1}{2}t.P} \\ \text{oder} \\ Z = \dfrac{P.H + (P+Q).\tau}{(1+\frac{Q}{P}).\tau + \frac{1}{2}t} \end{cases}$$

welches die Tragkraft des eingerammten Pfahls ist. Für die Ausübung s. XVI.

Ex. Es sey $H = 5'$, $P = 12$ Ztr., $Q = 10$ Ztr.; beim letzten Schlage sey $\tau = 3''' = \frac{1}{48}'$; wird nun $t = 2''' = \frac{1}{72}'$ angenommen, so wird

$$Z = \frac{12 . 5 + 22 . \frac{1}{48}}{(1+\frac{5}{6}) . \frac{1}{48} + \frac{1}{144}} = 1339 \text{ Zentner.}$$

Man wird in der Ausübung bey einem so starken Pfahl, als das angenommene Gewicht Q voraussetzt, selten $t = 2'''$ annehmen dürfen; setzen wir aber auch $t = 4'''$, so finden wir doch

$$Z = \frac{12 . 720 + 66}{3 + \frac{15}{6} + 2} = 1161 \text{ Zentner.}$$

Die Sicherheit in der Ausübung erfordert es, daß wir, von dem Werth, welchen die Gleichung (XV.) für Z giebt nur $\frac{1}{5}$ nehmen, also

XVI. $Z = \frac{P\,H + (P+Q)\,.\,\tau}{5\left(\left(1+\frac{Q}{P}\right).\tau + \frac{1}{2}t\right)}$

Dabey nehme man, wenn die letzten 12 Schläge den Pfahl um die Tiefe T eintreiben, $\tau = \frac{T}{12}$; für t nehme man $4''' = \frac{1}{36}'$.

§. 34.

Wir können nunmehr die Frage, wie viele Pfähle zu irgend einem Gebäude nöthig seyen, um dessen feste Begründung aufs vollkommenste zu sichern, völlig befriedigend beantworten, indem wir einen vorgeschriebenen Werth von τ dabey zum Grunde legen.

Die erfoderliche Anzahl von Pfählen sey $= n$; das Gewicht des darüber aufzuführenden Mauer- oder Zimmerwerks in Zentnern $= S$, so hat man für die Bedingung genügender Sicherheit, Z nach XVI. genommen, $n\,.\,Z = S$, oder $Z = \frac{S}{n}$; also

$$\frac{P\,H + (P+Q)\,.\,\tau}{5\left(\left(1+\frac{Q}{P}\right).\tau + \frac{1}{2}t\right)} = \frac{S}{n}$$

und

XVII. $n = \frac{5\,.\left(\left(1+\frac{Q}{p}\right).\tau + \frac{1}{2}t\right)}{P\,H + (P+Q)\,\tau}\,.\,S$

Man thut nicht wohl, wenn man zu kleine

Werthe von τ zum Grunde legt, weil überhaupt sehr feine Abmessungen in der Ausübung mißliche Bestimmungsstücke sind und daher als solche vermieden werden müssen. Doch ist auch in dieser Hinsicht der Zusatz von $\frac{1}{2}t$ im Zähler eine vorzügliche Sicherheitsmaaßregel. Man kann etwa $\tau = 2''' = \frac{1'}{72}$ in der Formel gebrauchen, und hiernach n berechnen.

Es ist aber oben schon bemerkt worden, daß bey einer bestimmten Grundfläche, in welcher die Pfähle eingetrieben werden müssen, nicht jeder Werth von n gebraucht werden kann, weil die Pfähle allemal einigen Abstand von einander haben müssen. Man muß daher τ wenigstens so klein nehmen, daß der Werth von n nicht grösser ausfällt, als es die Grösse der Grundfläche gestattet.

Man kann daher auch n als gegeben annehmen und τ berechnen. Die Gleichung XVII. giebt

$$\text{XVIII.}\quad \tau = \frac{n \,.\, P\,H - 2{,}5 \,.\, t \,.\, S}{5\,(1 + \frac{Q}{p}\,S - n\,.\,(P+Q)}$$

Ex. Die Grundfläche eines Brückenpfeilers einer steinernen Brücke betrage 480 rh. Quadratfuß, das Gewicht der darauf ruhenden Masse 26000 Zentner $= S$; es sey ferner $n = 120$, $Q = 7$ Ztr., $P = 10$, $H = 5'$, $t = \frac{1'}{36}$, so wird

$$\tau = \frac{120 \,.\, 10 \,.\, 5 - \frac{5 \,.\, 26000}{72}}{5\,.\,(1 + \frac{7}{10})\,.\,26000 - 120\,.\,(10+7)}$$

$$= \frac{6000 - 1806}{221000 - 2040} = 0,\,02' = 2,\,88'''$$

wo man also τ so nimmt, daß $\frac{\tau}{12}$ (Nro. XVI.) nicht größer als 2,88''' werde.

Anm. Bey Eintreibung eines Pfahls bis zu dem so berechneten Werthe von τ hat man alle Sicherheit, welche man in der Ausübung wünschen kann. Will alsdann der Ingenieur das Rammen bis zum Stehen fortsetzen, so bleibt ihm solches unbenommen.

§. 35.

Es könnte sich auch zutragen, daß in einer Reihe neben einander stehender Pfähle einer oder mehrere von ihnen nicht bis zur erforderlichen Tiefe eingetrieben werden können, weil sie nicht lang genug wären. Wenn nun beym wirklichen Einrammen der berechnete erforderliche Werth von τ nicht erreicht werden könnte, so daß man bey einem größeren stehen bleiben müßte, den wir mit τ^* bezeichen wollen, so können wir nach (XVI.) durch den Werth von Z als die sichere Tragkraft dieses Pfahls berechnen.

Wäre nun der gesammte Druck auf diese Pfahlreihe $= s$, so bliebe der Druck auf die sämmtlichen übrigen Pfähle dieser Reihe noch

$$= s - Z = s - \frac{P.H + (P+Q).\tau^*}{5.\left((1+\frac{Q}{P}).\tau^* + \frac{1}{2}t\right)}$$

Besteht also diese ganze Pfahlreihe aus s Pfählen, und ist der Druck auf jeden der übrigen Pfähle dieser Reihe $= Z$, so wäre, gleichförmige Vertheilung des Drucks auf diese übrigen Pfähle vorausgesetzt,

$$\text{XIX. } Z = \frac{s}{\alpha - 1} - \frac{PH + (P+Q)\,.\,\tau^*}{(\alpha-1)\,s\,.\left((1+\frac{Q}{P})\,.\,\tau + \frac{1}{2}t\right)}$$

Setzt man nun in (XVIII) diesen Werth statt S, und $n = 1$, so erhält man für jeden der $\alpha - 1$ Pfähle den erforderlichen Werth von τ.

Fände man unter den übrigen $\alpha - 1$ Pfählen dieser Reihe wieder einen Pfahl, der nicht bis zur erforderlichen Tiefe abgetrieben werden könnte, so müßte man den vorstehenden Satz aufs Neue anwenden u. s. f.

Bey dem allem muß aber dafür gesorgt werden, daß 1) die nicht hinlänglich eingetriebenen Pfähle zwischen solche fallen, welche hinlänglich fest stehen; 2) daß die über solche Pfähle hinlaufenden Stücke vom Rostgeschwelle so kurz seyen, daß sie keine Einbeugung befürchten lassen. Läßt sich diesen Forderungen kein Genüge thun, so muß man, nach Beschaffenheit der Umstände zu aufgepfropften = oder zu Nebenpfählen seine Zuflucht nehmen.

§. 36.

Die empirischen Praktiker begnügen sich mit der Maxime, die Pfähle bis zum Stehen einzurammen. Dieses ist aber eine sehr mißliche Sache, weil ein Pfahl, der z. B. durch einen 5 Ztr. schweren Bär niedergetrieben worden, durch einen 12 Ztr. schweren vielleicht noch mehrere Fuße tief eingetrieben werden könnte. Der Empiriker bleibt also ungewiß, ob seine Pfähle Widerstand genug zu leisten vermögen. Will man die Pfähle bis zum Stehen einrammen (inso-

fern sie hierzu lang genug sind), so muß man versichert seyn, P oder H groß genommen zu haben. Für diesen Fall ist $\tau = 0$, also nach XVIII.

$$n \cdot PH = 2{,}5 \cdot t \cdot S$$

daher

XX. $H = \frac{2{,}5 \cdot t \cdot S}{n \cdot P}$

XXI. $P = \frac{2{,}5 \cdot t \cdot S}{n \cdot H}$

} Für die Ausübung bleibt $t = \frac{1'}{36}$, also $2{,}5 \cdot t = 0{,}07$ genau genug.

Ex. 1. Es sey $S = 21000$ Ztr., $n = 80$, $H = 5'$, so wird

$$P = \frac{0{,}07 \cdot 21000}{80 \cdot 5} = 3{,}67 \text{ Ztr.}$$

2. Es bleibe $S = 21000$, $H = 5'$, aber n sey $= 20$,

so wird $P = \frac{0{,}07 \cdot 21000}{20 \cdot 5} = 14{,}7$ Ztr.

Im Falle Nro. 1. wäre also ein 4 Ztr. schwerer Bär schon mehr als hinreichend, den Pfahl bis zur erforderlichen Tiefe einzutreiben, wenn man ihn bis zum Stehen einrammte; im Falle Nro. 2. würde ein 12 Ztr. schwerer Bär noch nicht die Sicherheit geben, welche unserer Forderung gemäß wäre, wenn gleich der Pfahl bis zum Stehen eingetrieben würde.

§. 37.

Weil zu so schweren Bären viele Arbeiter angestellt werden müssen, so bleibt schiefer Zug unvermeidlich. Aber der Winkel, den die Zugleinen mit dem Hauptseile, dem Rammtaue, machen, wird desto kleiner, je höher der Kranz hängt, an welchem die Zugleinen befestigt sind, daher man solchen hoch genug anbringen muß.

Am

Am beſten würden, wenn hier eine theoretiſche Frage beantwortet werden ſollte, die Arbeiter ſo angeſtellt, daß die Zugleinen in die äußere Fläche eines ſenkrechten Kegels fallen, deſſen Axe in der Richtung des ſchief geſpannten Rammtaus liegt. Hiernach kämen die äußerſten Arbeiter in den Umfang einer Ellipſe zu ſtehen, deren große Axe gegen die Linie geneigt iſt, in welcher der Schwerpunkt des Bäres herabfällt. Dieſe elliptiſche Bodenfläche könnte umpflöckt oder ſonſt durch Merkmale kennbar gemacht werden.

§. 38.

Es iſt oben ſchon bemerkt worden, daß durch die heftigen Schläge des Rammbäres ſelbſt die Holzfaſern der Pfähle zuſammengeſtaucht werden. Nach jedem Schlage ſtreben ſich jene Faſern wieder auszudehnen, und daher die Pfähle ſich wieder zu ſtrecken. Dieſes Strecken erfolgt zum Theil plötzlich, zum Theil aber nur allmählig, ſo daß bey langſam nach einander folgenden Schlägen das Strecken ganz erfolgt ſeyn kann, bevor ein neuer Schlag erfolgt; bey ſchnell nach einander folgenden Schlägen aber kann der Pfahl noch zum Theil ſich im zuſammengeſtauchten Zuſtande befinden, wann ein neuer Schlag erfolgt.

Je kürzer daher die Zwiſchenzeit zwiſchen zwey nach einander folgenden Schlägen iſt, deſto unbedeutender wird jener Nachtheil des Zuſammenſtauchens.

Hiermit hängt noch eine zweyte Erſcheinung zuſammen. Der durch einen Schlag erſchütterte und rings um den Pfahl herum auseinander getriebene

Boden strebt gleichfalls wieder in den Raum einzudringen, aus dem er durch den Pfahl und dessen heftige Erschütterung verdrängt wurde.

In wenigen Sekunden kann auch dieser Erfolg, wenigstens dem größten Theile nach, schon vorüber seyn. Läßt man also Schlag auf Schlag schnell genug auf einander folgen, bevor der Pfahl wieder ganz von seinen Umgebungen eingezwängt ist, so leistet er einen etwas geringeren Widerstand beym nächstfolgenden Schlage.

Aus eben diesem Grunde steht auch der Pfahl zuweilen bey 3 — 4 und mehreren nach einander folgenden Schlägen ganz unverrückt, und sinkt dann erst wieder bey einem folgenden Schlage, nachdem der Widerstand durch die Erschütterungen der vorhergehenden Schläge vermindert worden ist.

Daher ist schnell nach einander folgendes Niederfallen des Bäres ein vorzügliches Mittel zur Beförderung des Einrammens, und ebenhieraus erhellet der wesentliche Vorzug der Zugramme vor der Haspelramme (s. auch noch §. 38*).

§. 38*.

Man läßt daher die Arbeiter allemal eine bedeutende Anzahl von Schlägen hinter einander thun, und nennt die hierzu verwendete Zeit eine Hitze. Die Anzahl von Schlägen, welche man in einer Hitze verlangen kann, hängt von dem Gewichte des Rammbäres und der dabey angestellten Anzahl von Arbeitern ab. Perronet nimmt 25 Par. Pfunde für einen Arbeiter an, und rechnet dabey für $4\frac{1}{2}'$ Hub bey

einer Hitze von 1 Minute 30 Schläge. Es sind aber 25 Par. Pf. = 24 Nürnb. Pf. = $\frac{10000}{9187}$. 24 oder hier genau genug = 26 Berl. Pf. und $4\frac{1}{2}$ Par. F. = 4,66 rhl. Fuß. Wir mindern daher die Anstrengung noch um etwas, wenn wir festsetzen:

XXII. Wenn nach jeder Minute Arbeit 2 Minuten zur Ruhe gestattet und auf jeden Arbeiter 23 Berl. Pf. gerechnet werden, so kann man bey einem 5schuhigen Hube für eine Hitze von 1 Minute 30 Schläge in Rechnung bringen.

Das Niederziehen der Zugleinen geschieht mit beschleunigter Bewegung, wobey der Mensch eine sehr bedeutende Geschwindigkeit erlangen kann, die in unseren Lehrbüchern der Mechanik durchaus nicht gehörig beachtet wird.

Ein etwas geübter Werfer, der z. B. $\frac{1}{4}$ Sek. nöthig hat, die Hand, in welcher sich der Stein zum Abwerfen befindet, durch einen Raum von 4′ zu bewegen, wirft dennoch den Stein sehr oft auf eine Höhe von 60 rhl. F. Hierzu gehört aber schon im luftleeren Raume eine Geschwindigkeit von $2 . \sqrt{15{,}6 . 60}$, welche über 60′ beträgt; also muß die Hand, welche beym Werfen nur 4′ in $\frac{1}{4}$ Sek. zurücklegt, dennoch diese Bewegung mit einer Geschwindigkeit von mehr als 60 rhl. Fußen endigen. Es läßt sich daher auch wohl annehmen, daß die Arbeiter an der Zugramme ihre Bewegung im Niederziehen bis zu einer Geschwindigkeit von 16′ beschleunigen; und hiermit hätte also der Bär am Ende des Niederziehens eine Geschwindigkeit

von 16′, mit der er noch eine Höhe von $\frac{16^2}{4.15,6}$ oder 4′ durchlaufen könnte. Wenn daher der Zug auch wirklich nur 4′ tief herabgienge, so könnte auf solche Weise der Bär auch nach schon vollendetem Zuge doch noch 4′ höher aufgeschnellt werden und hiermit die Höhe 8′ erreichen. Dieses bezeugt auch Wiebeking in seinen Beytr. zur Brückenbauk. S. 100, wo er sagt: „Wenn sich die Arbeiter anstrengen, so können sie den Rammklotz bis 10′ hoch schnellen (bey 5′ tiefem Zuge), welches mir die Erfahrung bewiesen hat.“ Umsomehr können wir also annehmen, daß selbst bey einem Zuge von nur 4 Fußen der Bär allemal auf eine Höhe von 5 Fußen werde geschnellt werden, ohne daß dabey eine besondere Anstrengung der Arbeiter vorausgesetzt werden darf.

§. 38. **

Wiebeking theilt a. a. O. Erfahrungen über die Erfolge beym Einrammen mit, wovon wir einige in der nachstehenden Tafel vorlegen.

Die Längenmaaße beziehen sich auf Bayerisches Maaß. Nach jeder Hitze wurden 2 Minuten Ruhezeit gestattet: Der zum Transport, zum Aufziehen, Niederlassen und richtigen Stellen des Pfahls, so wie der zum Verrücken und gehörigen Stellen der Ramm-Maschine erforderliche Zeitaufwand ist bedeutend. Wiebeking fand ersteren bey den nachfolgenden Beobachtungen beynahe = 2 Stunden, und letzteren beynahe = 3 Stunden, so daß an beyden zusammen für jeden einzelnen Pfahl nur 5 Minuten zu vollen 5 Stunden fehlten. Die Rammscheibe hatte 3 $\frac{1}{2}$ Fuß (Bayr.) im Durchmesser, und ihre Zapfen $\frac{5}{4}$ Zoll. Die Kosten des Einrammens mit allem dabey erforderlichen Zeitaufwande und zugehörigen Lohne für die Nebenarbeiten berechnet Wiebeking bey den nachstehenden Beobachtungen für jeden Pfahl zu 25 fl. 24 kr., wobey für 10stündige Tagesarbeit einem Arbeiter 36 kr. bezahlt wurden.

Resultate des Einrammens bey der Neuöttinger Innbrücke.

Der metallene Rammbär wog 1222 Baier. Pfunde; die Pfähle waren, 3 Fuß tief unter dem Kopf, 17 bis 19 Zoll im Durchmesser stark. Die Resultate beziehen sich auf die Langpfähle der Jochwände. Die Pfähle sind in jeder Jochwand von I. bis IX. numerirt, und die Tafel giebt die Ordnung an, in welcher die Pfähle nach einander eingerammt worden sind, welches allemal von der Mitte aus geschahe.

Nummer des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit des Einrammens ohne die jedesmalige Ruhezeit.		Anzahl sämmtlicher Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Bäres.	Tiefe des Standes im festen Grunde.			Tiefe, um welche der Pfahl in der letzten Hitze rückte.	Nummer des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit des Einrammens ohne die jedesmalige Ruhezeit.		Anzahl sämmtlicher Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Bäres.	Tiefe des Standes im festen Grunde.			Tiefe, um welche der Pfahl in der letzten Hitze rückte.
		M.	Sek.		Zoll.	F.	Z.	L.	Lin.			M.	Sek.		Zoll.	F.	Z.	L.	Lin.
V.	69	69	43	2075	73	9	4	1	0	V.	76	80	33	2280	74	9	5	—	0
VI.	80	81	22	2400	64	9	9	7	1	VI.	72	71	20	2160	78	8	11	1	0
III.	66	65	40	1975	64	8	3	9	0	III.	55	56	9	1650	76	9	6	1	0
II.	92	90	40	2760	67	9	7	10	1	II.	60	61	—	1800	74	9	7	3	0
I.	68	67	59	2040	69	11	5	6	0	I.	76	79	9	2280	74	9	2	3	0
VI.	68	50	45	2040	75	10	10	1	0	VI.	65	66	13	1950	75	10	5	1	0
VII.	80	79	48	2400	74	10	4	9	1	VII.	58	51	2	1740	71	10	8	6	0
VIII.	70	70	9	2100	67	9	9	1	1	VIII.	49	49	25	1470	77	9	10	1	0
IX.	71	71	5	2130	74	8	10	4	0	IX.	69	69	58	2070	75	9	7	0	0

der Pfähle.

Drittes Kapitel.

Allgemeine Betrachtungen über die Brücken und Aufstauungen der Wasser.

§. 39.

Eine Brücke ist eine über eine Vertiefung geführte Straße, ohne daß dadurch die Vertiefung nach der ganzen Breite ausgefüllt ist. Daß sich Wasser in der Vertiefung befinde, ist keine wesentliche Bedingung einer Brücke, aber es ist der gewöhnliche Fall, und dieser Umstand, den wir hier überall mit berücksichtigen müssen, macht die Erbauung einer Brücke schwieriger und kostbarer.

§. 39. *

Die allgemeinen Erfordernisse einer Brücke lassen sich etwa auf folgende Punkte bringen: 1) Sie muß zu keiner schädlichen Anschwellung der Wasser Anlaß geben können. 2) Sie muß hinlänglich fest gegründet seyn d. i. auf Unterlagern ruhen, welche den Druck der Brücke und der schwersten Lasten, die etwa auf sie zu stehen kommen können, mit hinlänglicher Sicherheit, ohne Bruch, ohne Zermalmung und ohne tiefer zu sinken, auszuhalten vermögen. 3.) Die Unterlager müssen nicht nur dem strömenden Wasser selbst, sondern auch den Eisgängen hinlänglich widerstehen können. 4.) Die Theile der auf den Unterlagern ruhenden Brücke müssen so unter einander verbunden seyn, daß man gegen ihre Verschiebung oder Trennung vollkommen gesichert ist. 5.) Die

Brückenstraße muß sich nicht soweit von der horizontalen Lage entfernen, daß daraus Unbequemlichkeit oder selbst Gefahr für die Fuhrwerke entstehen könnte. 6.) Die Brücke muß eine der Menge von Menschen, Thieren und Fuhrwerken, zu deren Gebrauch sie bestimmt ist, angemessene Breite haben. 7.) Die einzelnen Theile des Brückenkörpers müssen so unter einander verbunden seyn, daß ohne zu grosse Schwierigkeit schadhaft gewordene Theile weggenommen und mit tauglichen ausgewechselt werden können. 8.) Die Brücke muß keine Verschwendung von Material enthalten. *)

§. 40.

Ueber Nro. 1. (§. 39.) werden wir unten (§. 46. u. f.) unsere Gedanken mittheilen. In Bezug auf Nro. 2. müssen wir zweierley Unterlager unterscheiden: 1.) Unterlager an beiden Enden der Brücke, die sich ans Ufer anschließen und nur einseitigen Druck von der Brücke leiden; wir nennen sie im engern Sinne und dem schon eingeführten Sprachgebrauche gemäß Widerlager; 2.) Die Unterlager zwischen beiden Enden. Diese bestehen entweder aus einem soliden Mauerwerk und heisen dann Pfeiler, oder aus einer nach der Brücke eingerammten Reihe von Pfählen; ein solches Unterlager heißt eine Jochwand, ein Brückenjoch auch schlechthin ein

*) In Ersparung des Materials bey Gewinnung der erfoderlichen Festigkeit zeigt sich eigentlich der wahre Brückenbaumeister. Auch Pfuscher erbauen feste Brücken.

Joch. Pfeiler lassen sich sowohl bey hölzernen als bey steinernen Brücken anwenden; aber Jöcher bey hölzernen.

§. 41.

Bey hölzernen Brücken wird der lothrechte Druck auf Pfeiler und Widerlager nie so bedeutend als bey steinernen, bey welchen er über 60000 Zentner in Bezug auf die Grundfläche eines einzigen Pfeilers steigen kann. Es muß also diese Grundfläche durch eingerammte Grundpfähle so befestigt werden, daß diese einen solchen Druck auszuhalten vermögen. (§. 36.)

§. 42.

Die Forderung (§. 39. Nro. 3.) hat auf die Grundpfähle gar keinen Bezug, sondern nur auf die Langpfähle der Jöcher und auf das Mauerwerk der Pfeiler und Widerlager *). Diese sind noch einem eigenen Angriffe ausgesetzt, der bey den Grundpfählen wegfällt, nämlich dem der Eisgänge.

Um sich von der ausserordentlichen Gewalt eines Eisgangs einen Begriff zu machen, darf man nur die Formel XV.

$$Z = \frac{P \cdot H + (P + Q) \cdot \tau}{(1 + \frac{Q}{p}) \cdot \tau + \frac{1}{2} t}$$

*) Insofern nämlich gegen das Ausheben und Ausspühlen des Bodens unter der Brücke Sicherheit genug vorhanden ist, also die anfänglichen Grundpfähle nicht durch solche Ausspühlungen allmälig Langpfähle werden. Solche Verwandlungen sind höchst gefährlich und Vorbothen des künftigen Einsturzes.

betrachten, wo Z die Größe des erforderlichen Widerstandes zum Gleichgewicht bezeichnet, indem wir die Eismasse als das Rammklotz betrachten. Soll der Pfahl gerade Festigkeit genug haben, der anstossenden Eismasse, deren Gewicht P wäre, hinlänglichen Widerstand zu leisten, so muß man $\tau = 0$ setzen; und weil hier die Gewichte P und Q der Wirkung der Eismasse nicht wie beim Einrammen zu statten kommen, so muß man über das zur Rechten in der vorstehenden Gleichung noch $P + Q$ abziehen. Dieses giebt also für das Gleichgewicht

$$Z = \frac{P \cdot H}{\frac{1}{2} t} - (P + Q)$$

oder,

$$Z = \left(\frac{2H}{t} - \left(1 + \frac{Q}{P}\right)\right) \cdot P$$

Wo H die zur Geschwindigkeit der Eismasse gehörige Fallhöhe ist; bezeichnen wir also diese Geschw. mit C, so ist

XXIII. $$Z = \left(\frac{C^2}{2gt} - \left(1 + \frac{Q}{P}\right)\right) \cdot P$$

wo in rhl. Fußen $g = 15{,}6$ ist.

Eine scharfe Anwendung dieser Gleichung setzt voraus, daß man t wüßte, um wieviel nämlich theils der Boden, welcher den Pfahl umgiebt, theils für sich durch seine Beugsamkeit nachzugeben vermögte, ohne zu brechen. Da hier nur von dem Nachgeben in dem kleinen Zeittheilchen die Rede seyn kann, in welchem eine anstoßende Eismasse ihren ganzen Stoß vollendet, welches nur einen kleinen Theil einer Sekunde betra-

gen kann, so sind jene Erfahrungen, welche man von der Beugsamkeit der Hölzer bey langsamem Beugen hat, hier nicht anwendbar. Soviel ist aber klar, daß der Mittelpunkt des Stoßes in einem so kleinen Zeittheilchen kaum um 1 Zoll wird fortrücken können. Wenn wir nun dennoch dafür 2 Zoll annehmen, also $t = \frac{1}{6}$ Fuß setzen, so wird für das Gleichgewicht

$$Z = \left(\frac{C^2}{\frac{1}{3} \cdot 15{,}6} - (1 + \frac{Q}{P}) \right) . P$$

oder

$$Z = \left(\frac{C^2}{5{,}2} - (1 + \frac{Q}{P}) \right) . P$$

Ex. Es sey die Eismasse 10′ ins Gevierte groß, und 2′ hoch, also ihr Kub. Inhalt = 200 Kub. F., das Gewicht eines Kub. Fußes = 0,54 Ztr, so ist P = 200 . 0,54 = 108 Ztr.; die Geschw. der Eismasse oder C sey = 6′; die Masse des Pfahls oder Q = 9 Ztr, so wird

$$Z = \left(\frac{36}{5{,}2} - (1 + \frac{9}{108}) \right) . 108 = 630 \text{ Ztr.}$$

So groß müßte der Widerstand seyn, wenn er auch fähig wäre, im Augenblick des Stoßes sich um 2″ auf unschädliche Weise einzubeugen, welches doch bey Jochwänden, wo nur kurze Stücke der Einbeugung ausgesetzt sind, selten der Fall seyn mögte. Ist z. B. β der Stoßpunkt für die anstoßende Masse M, so ist αγ gewöhnlich ein kurzes Stück, welches bey β einer nur geringen Einbeugung fähig ist. Könnte aber auch dieses Stück bey β wirklich um 2″ nachgeben d. h. sich beugen, so müßte doch der Widerstand so groß

seyn, daß ein eben so dicker Balken von der Länge $\alpha\gamma$ an der Stelle β in horizontaler Lage mit einem Gewicht von etwa 630 Ztrn müßte belastet werden können, ohne zu brechen, wofern der Pfahl nicht brechen sollte. In der Ausübung wird die Gefahr dadurch sehr vermindert, daß es beynahe unmöglich wird, daß die Masse M jemals einen Zentralstoß auf den Pfahl ausüben könnte, weil nicht nur die Eismassen unter einander Stöhrungen in der Bewegung machen, sondern auch der Hauptstrohm, dem die Eismassen folgen, von den Jochwänden sich allmählig mehr gegen die Mitte zwischen ein paar Jochwänden sich ablenkt. Ueberdas kommt man noch durch besondere Vorrichtungen zu Hülfe, von welchen wir weiter unten (§. 179.) reden werden. Allemal bleibt der Eisgang ein sehr mächtiger Feind, und er würde in manchen Fällen, besonders wenn ein strenger Winter mit vielem Schnee sich endet, unbesiegbar bleiben, wenn das Eis fest wie Stein oder Eisen wäre.

§. 43.

Die Forderung (§. 39. Nro. 4) werden wir in der Folge bey der besonderen Betrachtung der Brücken wieder in Erinnerung bringen.

§. 44.

Die Forderung (§. 39. Nro. 5) ist eine allgemeine Bedingung für jede kunstmäßig gebaute Straße. Bey Brücken muß aber ganz vorzüglich darauf gesehen werden, daß das Pferd abwärts so gut als frey gehe, oder noch besser, daß es selbst abwärts noch einen Theil der Last zu ziehen habe. Dieser Zweck würde

schon erreicht, wenn die Fahrstraße auf die Länge von 18′ nicht mehr als 1′ Abhang hätte; aber einem schon in Bewegung befindlichen Wagen kann auch bey diesem geringen Abhange nicht so schnell Einhalt geschehen, als solches bey Brücken besonders größerer Städte seyn muß. Wir können daher festsetzen:

XXIV. Der Abhang einer Brückenstraße soll wo möglich auf die Länge von 30′ nur einen betragen. Niemals aber soll er mehr als $\frac{1}{18}$ der Länge ausmachen.

Anm. Weil schwere Lastwägen den Brücken den meisten Schaden zufügen, so daß ein Wagen von 100 Zentnern mehr schadet als 4 Wägen von 50 Ztrn, und vorzüglich in Rücksicht auf so große Lasten die Brücken zum Theil mit größeren Kosten erbaut werden müssen, als sonst nöthig wäre, so sollte man auch bey Regulirung des Brückengeldes hierauf Rücksicht nehmen. Z. B. man nehme von jedem Pferd

bey einem	1spännigen	Wagen	3 kr.
	2	— —	4
	3	— —	5
	4	— —	6
	5	— —	7
	6	— —	8
	7	— —	10
	8	— —	12

d. h. nach Beschaffenheit der Brücke das Brückengeld nach dem vorstehenden Verhältnisse. Bey der Beschaffenheit der Brücke kommen in Bezug auf das

Brückengeld Kosten, die man auf ihre Verschönerung verwendet hat, billiger Weise nicht in Anschlag.

§. 45.

Die Breite einer Brücke (§. 39. 6.) hängt vorzüglich von der Frequenz ihres Gebrauchs, gewissermaaßen aber auch von ihrer Länge und von dem Material ab, aus welchem sie erbaut werden soll. Liegt die Brücke in einer von Frachtfuhren sehr frequentirten Straße, so muß ihre Breite groß genug genommen werden, daß nicht nur zwey sich begegnende Fuhrwerke einander bequem ausweichen, sondern auch noch Fußgänger zu beiden Seiten bequem gehen können. Dazu ist eine Breite von 20 rhl. F. zwischen beiden Banquets, wovon eines wenigstens 22″ breit seyn müßte, hinlänglich. Besondere Ausnahmen finden in folgenden Fällen statt:

A.) Wenn die Brücke unmittelbar in eine volkreiche Stadt einführt oder gar verschiedene Theile einer Stadt mit einander verbindet, so daß neben häufigen Lastwägen auch immerhin viele Fußgänger, Menschen mit Lasten, mit Roll = und Schubkarren u. d. g. sich auf der Brücke befinden, so darf die Breite der Fahrstraße nicht unter 30 rhl. Fußen betragen, und jedes der beiden Banquets muß wenigstens 4′ breit seyn.

B.) Hölzerne gesprengte Brücken, welche Oeffnungen von mehr als 120′ Weite haben bedürfen einer Breite zwischen den Banquets von mehr als 20′.

Bey einer Oeffnungsweite von $120 + n$ rhl. Fuß kann man der Fahrstraße eine Breite von $20 + \frac{n}{10}$

Fuß geben, um das schädliche Schwanken der Brücke desto sicherer verhindern zu können. Hat die Brücke Oeffnungen von verschiedener Weite, so dient die größte Weite zum Maaßstabe.

C.) Steinerne Brücken, welche wenig befahren werden, so daß an einem Tage nur selten 12 — 15 Fuhrwerke darüber hinfahren, bedürfen keiner grösseren Breite zwischen den Geländern als der von 12 rhl. Fußen. Hölzerne Brücken sollen aber nie unter 16′ breit seyn; ruhen solche auf Jöchern, welche Eisgängen ausgesetzt sind, so soll die Breite nie unter die regelmäßige von 20′ fallen, um den Jochwänden Festigkeit genug geben zu können. Uebrigens s. Lit. B.

D.) Eine Brücke, die nicht über 100′ lang ist und keinen starken Eisgängen ausgesetzt ist, bedarf nie einer grösseren Breite als von 16′, wenn sie nicht sehr stark befahren wird, weil einer von zweyen einander entgegen kommenden Fuhrwagen ohne grossen Aufenthalt den Uebergang des anderen abwarten kann.

E.) Wenn die Fuhrstraße m m, welche zur Brücke führt, mit der Richtung der Brücke einen nicht hinlänglich stumpfen Winkel macht, wie einer bequemen und sicheren Wendung gemäß ist, so muß die Brücke gegen das Ende wie a b c d (Fig. 9.) gehörig erweitert werden.

Anm. Man sieht, daß ich bey vorstehenden Bestimmungen zugleich auf Kostenersparung mit Rücksicht genommen habe. Wo diese keine Ge-

setze vorschreibt, oder wo dergleichen Anlagen zugleich Prachtwerke seyn sollen, wie in grossen Residenzen, da kann man den Brücken eine bedeutendere Breite geben z. B. 30′ für die Fahrstraße und 6′ für jedes Banquet. Bey hölzernen Bogenbrücken ist es aus besondern Gründen nöthig, die Breite nicht unter 26′ zu nehmen, s. unten §. 171. Was zur Forderung (§. 39. Nro. 7.) gehört, werden wir weiter unten angeben.

§. 46.

Zu den wichtigsten und schwierigsten Forderungen beim Brückenbau gehört die §. 39. Nro. 1., die ich eben darum zuletzt betrachte. Genaue Bestimmungen anzugeben, nach welchen dieser Forderung Genüge geschehen könnte, ist nach dem jetzigen Zustande der Hydraulik, und ich darf sagen nach der Natur der Dinge und den Kräften des menschlichen Verstandes, nicht möglich. Die Mechanik des Himmels konnte Laplace ergründen; aber die Mechanik der Bäche und Ströme liegt ausserhalb den Gränzen des menschlichen Verstandes! Hier müssen wir uns dem Gange der Natur zu nähern suchen, und wir müssen zufrieden seyn, nur beiläufige Resultate zu finden, die uns in der Ausübung leiten und gegen schädliche Folgen sicher stellen. Mein Verfahren ist folgendes.

Bey einem Wasserstande, bey welchem in der Gegend, wo die Brücke erbaut werden soll, die Wassertiefe wenigstens halb so groß ist, als bey den höchsten Fluthen, überschlage man die Wassermenge,

welche der Fluß in jeder Sekunde abführt *); sie sey in rhl. Kub. Fußen = M; die Fläche vom zugehörigen Profil des Flusses nach der Breite, wo die Brücke angelegt werden soll, sey = F in rhl. Q. Fußen.

Durch alte der Erscheinungen am Flusse hinlänglich kundige Männer lasse man sich vom höchsten Wasserstande an beiden Ufern unterrichten, und berechne das Stromprofil, welches wir in Q. Fußen = S setzen wollen. Die obere Breite des Profils F sey = b, so ist seine mittlere Tiefe = $\frac{F}{b}$, wofür wir h setzen wollen; die obere Breite des Profils S sey = B, so ist seine mittlere Tiefe = $\frac{S}{B}$, wofür wir H setzen; die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im Profil F ist $\frac{M}{F}$; die im Profil S können wir nur muthmaaßlich und beiläufig angeben. Sie ist gewöhnlich größer als $\frac{M}{F} \cdot \sqrt{\frac{H}{h}}$, doch selten = $\frac{M}{F} \cdot \frac{H}{h}$.

Zur Sicherheit für die Ausübung setzen wir daher diese Geschw. = $\frac{H}{b} \cdot \frac{M}{F}$.

Anm. Für den Beharrungsstand gäbe dieser Ausdruck die Geschw. für den Querschritt

S

*) Ich bediene mich des Ausdrucks überschlagen, weil genaue Bestimmung weder nöthig noch möglich ist. Ein Profil nach der Breite des Flusses zwischen etwas steilen Ufern genommen, und ein schwimmender Stab oder der Woltmannsche Strom-Messer setzen uns in den Stand, diese Wassermenge so genau anzugeben, als es zu unserem Gebrauche nöthig ist.

S zu groß, aber für die anschwellenden Wasser, wo zur Zeit des höchsten Wasserstandes vor der Brücke das Wasser längs dem Flusse unterhalb der Brücke noch nicht überall seine größte Höhe erreicht hat — und auf diesen schlimmsten Fall müssen wir die Rechnung machen — ist der angenommene Werth nicht beträchtlich zu groß.

Bezeichnet nun N die Wassermenge, welche in jeder Sek. durch diesen Querschnitt abfließt, so wäre hiernach

$$\text{XXV.} \quad N = \frac{S}{F} \cdot \frac{H}{h} \cdot M.$$

Für diese Abflußmenge ist die Breite des Querschnitts $= \frac{S}{H}$.

Dieser Raum zum Durchflusse wird noch durch die Brückenpfeiler oder Jochwände und zugleich noch durch die damit verbundene Zusammenziehung des Wassers verengt, und es bleibt zum freien Durchflusse nur noch eine Breite $= b$, auf deren Bestimmung es hier ankommt. Zu noch größerer Sicherheit setzt man dabey Verbreitung des Wassers außer dem Strohme ganz bey Seite.

Ueberhaupt muß man aber auch, wo möglich, Brücken nur an solchen Stellen eines Flusses anlegen, wo sich das Wasser nicht außer dem zum mittleren Wasserstande gehörigen Flußbette verbreitet, weil sonsten entweder die Brücke bey hohem Wasser nicht zu befahren, noch weniger für Fußgänger gangbar ist, oder ihr Bau durch ihre erforderliche Länge zu erbauen und zu unterhalten zu kostbar wird.

§. 47.

Weil nun vor der Erbauung der Brücke der höchste Wasserstand schon = H seyn soll, so muß er nach deren Erbauung größer als H seyn; wir wollen ihn = H + v setzen, und v zu bestimmen suchen.

Wir setzen anfänglich noch die Zusammenziehung des Wassers beym Eingang in die Brückenöffnungen noch bey Seite.

Bey den höchsten Fluthen soll die Wassermenge N in jeder Sek. abfließen, und dieser Abfluß erfolgt durch einen Querschnitt von der Breite $= \frac{S}{H}$; die Wassermenge, welche unter gleichen Umständen durch einen Querschnitt von geringerer Breite b abfließt, heiße n, so setzen wir

$$N : n = \frac{S}{H} : b$$

$$\text{also } n = \frac{b \cdot H \cdot N}{S}$$

Wenn nun $\alpha \beta \gamma \delta$ (Fig. 7.) eine Linie in der Oberfläche des Wassers bey dem höchsten Wasserstande vor Anlegung der Brücke bezeichnet, so muß das Wasser nach deren Anlegung auf eine größere Höhe z. B. bis zur Höhe $\varepsilon\zeta$ steigen, wo $\beta\zeta = v$ gesetzt worden ist. Der Wasserquerschnitt vor der Brücke nimmt also durch deren Erbauung um eine Fläche $= \frac{S}{H} \cdot v$ zu, wofür aber zum Abflusse nur die Fläche b . v in Rechnung kommen kann.

Nach der Theorie wäre nun die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher die Wassertheilchen von

$\beta\zeta$ nach γ hinabfließen könnten, wofern jedes Theilchen der Schwere ungehindert folgte, $= \frac{4}{3}\sqrt{15{,}1} \cdot v$ (in Par. Fußen). Aber in der wirklichen Anwendung kann diese Bestimmung nicht so beybehalten werden.

§. 48.

Wir setzen daher diese Geschwindigkeit nur $= \sqrt{15} \cdot v$.

Anm. Dieser Ansatz ist nicht zu stark, sondern zur Sicherheit nur so groß angenommen worden. Es ist nämlich die Fläche $\alpha\beta$ kein fester Boden, sondern selbst schon eine in Bewegung befindliche Wasserschichte, ein Umstand, den wir in dem Ausdruck $\frac{4}{3}\sqrt{15{,}1} \cdot v$ ganz bey Seite gesetzt haben.

Hiernach ist in der Höhe $\beta\zeta$ in jeder Sek. abfließende Wassermenge $= bv \cdot \sqrt{15} \cdot v$; und so wäre die gesammte in der Höhe $y\zeta$ durchfließende Wassermenge in jeder Sek. $= n + bv\sqrt{15} \cdot v = \frac{bHN}{S} + bv\sqrt{15} \cdot v$.

Weil aber nach Anlegung der Brücke dieselbe Wassermenge muß abfließen können, welche auch vorher bey den höchsten Fluthen abfloß, so muß

$$\frac{bHN}{S} + bv\sqrt{15} \cdot v = N$$

seyn, also

XXVI. $$v = \sqrt[3]{\frac{(1 - \frac{bH}{S})^2 \cdot N^2}{15 \cdot b^2}}$$ in Par. Fuße.

Aber wegen der Zusammenziehung des Wassers beym Abflusse durch die Brückenöffnungen geht noch ein gewisser aliquoter Theil von b verlohren, den ich durch

m (z. B. $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{25}$ u. dgl.) ausdrucken will. Man muß also $(1-m) \cdot b$ statt b schreiben, und so wird

$$\text{XXVII.} \quad v = \sqrt[3]{\frac{\left(1 - \frac{(1-m)\,bH}{S}\right)^2 \cdot N^o}{15 \cdot (1-m)^2 \cdot b^2}}$$

Aber auch selbst bey schlechten Anlagen, wo man steinernen Brücken übermäßig dicke Pfeiler gegeben hätte, wäre doch m nicht leicht größer als $\frac{1}{20}$, daher die Kubikwurzel keine merkliche Aenderung leidet, wenn man $m = o$ setzt, also allemal nach XXVI. rechnet.

Anm. Unter der Aufschwellung $\delta\zeta$ hat man hier eigentlich die Aufschwellung in einiger Entfernung von der Brücke zu verstehen, wo das Wasser unter merklich größerem Abhange abzufließen anfängt. Die Entfernung dieses Querschnitts von der Brücke wird man ziemlich sicher $= (1 - \frac{bH}{S}) \cdot 2b$ setzen können. Wenigstens ist mir nie ein Fall vorgekommen, wo ich diese Bestimmung unanwendbar gefunden hätte. Die Größe dieser Entfernung hängt vom Werthe von b ab; sie wird ein Maximum, wenn $\frac{d\,(b - \frac{H}{S} \cdot b^2)}{db} = o$ wird, und dieses giebt $b = \frac{1}{3}\frac{S}{H}$, also die größtmögliche Entfernung eines Querschnitts von der Brücke.

$$\text{XXVIII.} \quad = \left(\frac{1 - \frac{1}{4}\frac{S}{H} \cdot H}{S}\right) \cdot \frac{1}{3}\frac{S}{H} = \frac{3}{4} \cdot \frac{S}{H}.$$

Ex. Es sey $\frac{S}{H} = 200'$, $b = 150'$, also $\frac{b\,H}{S} = \frac{3}{4}$, $N = 8000$ Kub. Fuß, so findet man

$$v = \sqrt[3]{\frac{64000000}{16 \,.\, 15 \,.\, 22500}} = 2{,}27'.$$

Es würde also das Wasser durch die Brücke beyläufig 2,27′ hoch aufgeschwellt werden, und diese Aufschwellung würde etwa $(1 - \frac{3}{4}) \,.\, 300$ oder 75′ weit von der Brücke entfernt seyn. *)

§. 49.

Eine zweyte nicht minder wichtige aber gleichfalls sehr schwierige Frage ist die, wieweit sich die Aufschwellung oder Aufstauung rückwärts d. h. strohmaufwärts verbreiten werde?

Auch hier verläßt uns die Theorie in Aufsuchung einer genauen Bestimmung. Doch führt uns die Analogie der Wahrheit so nahe, als wir es für die Ausübung bedürfen. Ich verfahre auf folgende Weise.

p q a f (Fig. 8) sey der zum Grund gelegte Wasserstand; durch die Brückenanlage werde das Wasser auf die Höhe a b = v aufgestaut; b d sey der Wasserlinie a f gleichlaufend, so wird die Oberfläche des aufgestauten Wassers nicht bis an die b d reichen, sondern unter der b d z. B. an die b e anstreichen. Denn

*) Berechnungen nach Dübüat und denen, die ihm folgen, geben die Anschwellung weit geringer. Meine Absicht ist es in diesem Werkchen den Ingenieur durchaus zur größten Sicherheit zu leiten.

Nähme man $v = 3{,}03'$, so fände man

$$\mathfrak{l} = \frac{8000 \,.\, 3{,}03 \,.\, 11{,}03^2}{3{,}2 \,.\, (11{,}03^2 - 8^2)} = 15110'.$$

Man sieht, daß hier die Vergrößerung von $\frac{1}{3}$ im Werthe von v kaum eine Vergrößerung von $\frac{1}{10}$ im Werthe von $\mathfrak{l}$ zur Folge hat.

§. 50.

Die Formel (XXIX.) giebt auch

XXX. $$v^2 + \left(2h - \frac{\alpha \mathfrak{l}}{\lambda}\right) . v + h^2 - \frac{2 \alpha \mathfrak{l} h}{\lambda} = 0$$

woraus man v oder die Höhe der Anschwellung vor der Brücke findet, wenn die übrigen Bestimmungsstücke gegeben wären. Diese Formel löst also die Frage auf:

„Wie hoch müßte das Wasser vor der Brücke „anschwellen, wenn sich die Aufstauung bis zu „einer bestimmten Länge $\mathfrak{l}$ strohmaufwärts verbreiten sollte?"

Viertes Kapitel.

Ueber die Verschiedenheit der Brücken. Besonders hierher gehörige geometrische Betrachtungen.

§. 51.

In Bezug auf das Material lassen sich dreierley Arten von Brücken von einander unterscheiden 1.) hölzerne, 2.) steinerne, und 3.) eiserne.

letztere sind von den Engländern im vor. Jahrhundert zuerst angegeben und an verschiedenen Orten wirklich erbaut worden. Seit wenigen Jahren ist ihre Konstruktion durch die Herren von Reichenbach und von Wiebeking sehr vervollkommnet worden. Die Reichenbachsche findet man in dessen **Theorie der Brückenbögen und Vorschläge zu eisernen Brücken in jeder beliebigen Grösse, München 1811.** Die Wiebekingsche ist in seinen Beiträgen zur Wasser-Brücken- und Straßenbaukunde 5te Lieferung, und im 3ten Bde. der 2ten Ausgabe seiner **Theoretisch-praktischen Wasserbaukunst. München 1814** enthalten. Da dergleichen Brücken in Teutschland nicht leicht erwartet werden dürfen, so übergehen wir solche hier ganz. *)

§. 52.

Die hölzernen Brücken sind von dreierley Art: 1.) Balkenbrücken, oder gemeine Jochbrücken; 2.) Gesprengte Brücken mit Hängesäulen; 3.) Gesprengte Brücken ohne Hängesäulen, oder hölzerne Bogenbrücken. Zu letzteren gehören die Wiebekingschen Brücken aus Balkenbögen und die Funkschen Brücken aus Bohlenbögen.

*) Das Manuscript von dieser meiner Brückenbaukunde war schon ganz beendigt, als das Unglück mit dem Einsturze der eben erbauten eisernen Brücke bey Wien in den Zeitungen bekannt gemacht wurde.

§. 53.

Soll eine Brücke von Steinen aufgeführt werden, so versteht es sich von selbst, daß dabey nur eine Zusammensetzung von Steinen nach Bögen möglich ist, so daß die Steinmassen Gewölbe bilden, die durch ihre Form vermögend gemacht werden, sich selbst und die schwersten darüber hinfahrenden Lasten ohne die mindeste Gefahr zu tragen. Zu solchen Wölbungen wären mannigfaltige Bögen anwendbar z. B. 1.) die Wölbung nach einem vollständigen Halbkreise; 2.) die Wölbung nach einem Kreisabschnitte; 3) die Wölbung aus zweyen Bögen von einerley Halbmesser, welche im höchsten Punkte einander unter einem spitzen Winkel schneiden, und zu unterst auf einer Horizontallinie senkrecht stehen; 4.) die Wölbung nach einer Kettenlinie; 5.) die Wölbung nach einer halben Ellipse; 6.) die Wölbung nach einer aus einzelnen Bögen verschiedener Kreise nach stetiger Krümmung zusammengesetzten krummen Linie.

§. 54.

Die Betrachtung dieser verschiedenen Krümmungen leidet auch ihre Anwendung bey hölzernen Bogenbrücken. Die allgemeine Forderung für die Gestalt einer Brückenwölbung ist die, daß sie Festigkeit und Bequemlichkeit mit Schönheit vereinige, wobey man zugleich die Bedingung immer vor Augen haben muß, daß die Brücke zu keiner schädlichen Anschwellung des Wassers Anlaß geben darf. Die Wölbung (§. 53. Nro. 1.) erregt bey einem Kenner nie das

Gefühl von Schönheit oder Erhabenheit, welches uns beim Anblick eines Werks überrascht, in das der Baumeister den Ausdruck von Kühnheit zu legen verstand. Bey jeder Anlage erscheint die Form als Erfindung des Urhebers dieser Anlage; aber die Wölbung nach einem Halbkreise verräth keine Erfindungsgabe. Einförmigkeit kann da nicht gefallen, wo sie mit Erfindungslosigkeit gepaart scheint, wohl aber Einfachheit im Uebergange aus einer Form in eine andere, wo zugleich das Freye in der Wahl des Urhebers hervorblickt.

Eine zweite Erinnerung gegen die Wölbung nach einem Halbkreise ist diese, daß sie keine sehr grosse Bogenweiten gestattet, weil sie bey sehr grossen Weiten allzu hohe Bögen geben würde; man ist also genöthigt, geringe Oeffnungsweiten zu nehmen, also die Anzahl der Brückenpfeiler zu vergrössern, und hierdurch dem Laufe des Wassers bedeutende Hindernisse in den Weg zu legen.

Fürs dritte werden eben hierdurch, nämlich durch vergrösserte Anzahl der Brückenpfeiler die Erbauungskosten oft bedeutend vergrössert.

§. 55.

Die Wölbung §. 53. Nro. 2. hat beim Grubenbau in Stollen, Strecken und Schächten, vorzüglich darum ihren sehr guten Gebrauch, weil sie dem Druck der Wände, welche einzustürzen drohen, mächtig entgegen wirken.

Bey dem Brückenbau hat man aber im Gegentheil darauf zu sehen, daß die Gewölbbögen den

kleinstmöglichen Seitendruck auf Pfeiler und Widerlager ausüben. Auf der andern Seite gewähren solche Wölbungen den grossen Vortheil einer sehr einfachen und leichten Konstruktion, sie geben flache Bögen, erniedrigen also die Fahrstraße und lassen dem aufschwellenden Wasser nach oben einen freyern Durchgang; sie erfordern weniger Gewölbsteine, und lassen zwischen den einzelnen Bögen geringere Räume zur Ausfüllung mit Quatern und andern Steinen. Ebendarum üben sie auch auf die Pfeiler und Widerlager einen geringeren lothrechten Druck aus. Endlich verräth ihre Festigkeit, mit der sie bey anscheinender Gefahr des Einsturzes dennoch die größten Lasten tragen, Kühnheit ihres Erbauers und erregen Bewunderung, wodurch sie gefallen. Die nöthige Festigkeit läßt sich aber durch angemessene Dicke und gehörige Begründung der Pfeiler und Widerlager erhalten. Daher haben auch in neuern Zeiten die größten Brückenbaumeister diese Wölbungsform angewendet. Z. B.

La Mándé bey der Brücke von **Jena** in **Paris**. Sie wurde 1810 — 1813 erbaut; hat 5 Bögen zu 10′ 2″ hoch, die Bögen sind 86,2′ weit und ihr zugehöriger Halbmesser beträgt 89′. Die Bogenhöhe beträgt also hier beiläufig nur $\frac{1}{5}$ vom Halbmesser.

Perronet bey der Brücke **de la Concorde** zu Paris, nach dessen Angabe sie von **Demoustier** 1787 — 1792 erbaut worden ist. Sie hat gleichfalls 5 Bögen zu 6 — 9 und 10 Fuß Höhe;

die Bogenweiten betragen 72 bis 88′. Der größte Halbmesser ist 126′, wozu die Bogenhöhe von 10′ gehört.

Wiebeking bey der Brücke zu München. Diese erst angefangene (jetzt 1815) Brücke erhält 3 Bögen zu 16′ hoch und 96′ weit. Der zugehörige Halbmesser ist 80′, also die Höhe $\frac{1}{5}$ vom Halbmesser.

Man sieht, wie weit diese Bogensegmente von den Halbkreisen abweichen.

§. 56.

Die Wölbung §. 53. Nro. 3. hat die Mängel von §. 53. Nro. 1. nur noch in höherem Grade.

§. 57.

Die Kettenlinie (§. 53. Nro. 4.) ist diejenige krumme Linie, welche eine Kette oder sehr beugsame Schnur (eigentlich eine schwere Linie) bildet, wenn sie an zwey festen Punkten mit ihren Enden befestigt übrigens frey herabhängt, wobey also vorausgesetzt wird, daß die Kette zwischen beyden Enden länger sey, als die Entfernung ihrer Aufhängepunkte von einander. Die Wölbung dieser Linie ist von blos theoretischen Mathematikern als diejenige angesehen und empfohlen worden, welche die größte Festigkeit gebe; aber der von einer sehr dünnen Bogenlinie oder dünnen Kette hergenommene Satz läßt sich nicht auf Brückenbögen anwenden, weil solche durch die zur Herrichtung der Brückenstraße an den Seiten noch nöthigen Aufmauerungen und Ausfüllungen sehr ungleich beschwert werden. Ueberdas läßt

sich durch flache Kreisbogenstücke, wie §. 55. vorkommen, allemal durch die Gewölbsteine d. h. zwischen der oberen und unteren Wölbungslinie eine Kettenlinie verzeichnen, die durch alle Gewölbsteine durchstreicht, daß also dergleichen Wölbungen, wie §. 55. allemal zugleich auch eine Kettenlinienwölbung enthalten. Endlich kommt es aber überhaupt bey den Brückenbögen nicht darauf an, daß die Gewölbsteine unter sich im Gleichgewicht stehen, sondern daß bey allen gegenseitigen Pressungen jeder einzelne Gewölbstein ein überschüssiges Streben behält, tiefer zu sinken, welches ihn aufwärts zu steigen verhindert, so daß nur durch die Festigkeit und Unverschiebbarkeit der Pfeiler und Widerlager das wirkliche Tiefersinken der Gewölbsteine verhindert wird. Der Seitendruck der Wölbungen ist also der eigentliche Feind, dem man durch die Pfeiler und Widerlager hinlänglichen Widerstand entgegensetzen muß. Da nun dieser Umstand bey der Wölbung nach einer Kettenlinie in demselben Maaße, eintritt, wie bey der Wölbung nach einem Kreisabschnitt, die Konstruktion der letzteren aber einfacher als die der ersteren ist, so ist die Kettenlinie bey den Wölbungen ganz entbehrlich. Auch ist sie nie von einem Baumeister angewendet worden.

§. 58.

Die Wölbungen (§. 53. Nro. 5. und 6.) sind gleichfalls für Brückenbögen anwendbar. Sie stehen auf horizontalen Grundflächen mit ihren Enden senkrecht, und haben in dem unvermerkten und sanften

Uebergehen aus einer Krümmung in die andere ein gefälliges Ansehen. Doch bleiben auch die elliptischen Brückenwölbungen völlig entbehrlich, und die größten Brückenbaumeister haben von diesen beiden Arten gedruckter Bögen nur die Nro. 6. beybehalten, weil sie das Auge von den schönsten elliptischen Bögen nicht unterscheiden kann und ihre Konstruktion sehr leicht ist, da hingegen elliptische Bögen keiner geometrischen Konstruktion fähig sind.

Wir haben es also hier eigentlich nur mit den beiden Wölbungslinien (§. 53. Nro. 2. und 6.) zu thun; die Nro. 2. sind sowohl auf die hölzernen Bogenbrücken als auf die steinernen anwendbar, die Nro. 6. aber nur auf die steinernen, weil sich die Enden starker Balken nicht so biegen lassen, wie es Nro. 6. gemäß wäre.

§. 59.

Die Länge eines Brückenbogens nach seiner Krümmung gemessen, sey jetzt und in der Folge allemal $= \lambda$, die Länge der zugehörigen Sehne, oder die Weite des Bogens $= 1\,w$, der zugehörige Halbmesser $= r$, die Höhe des Bogens über seiner Höhe $= H$; so hat man

$$H : \tfrac{1}{2} w = \tfrac{1}{2} w : (2r - H)$$

also

XXXI. $$r = \frac{w^2}{8H} + \tfrac{1}{2} H = \frac{w^2 + 4H^2}{8H}$$

Aus der Höhe des Bogens H und dem gegebenen Halbmesser r giebt sich die Grösse des Bogens in Graden; bezeichnet man nämlich den zugehörigen

Zentriwinkel in Graden mit α, so ist $\frac{r-H}{r} =$ Cos $\frac{1}{2}\alpha$; sucht man also die Zahl $\frac{r-H}{r}$ in den trig. Tafeln unter den Kosinussen auf, so ist der zugehörige Winkel $= \frac{1}{2}\alpha$; es ist also

XXXII. $\frac{1}{2}\alpha =$ dem Winkel, dessen Cos $= \frac{r-H}{r}$ ist, womit man zugleich α hat.

Jetzt erhält man auch, wenn α in Graden ausgedruckt wird,

XXXIII. $\lambda = \frac{\alpha}{360} \cdot 3{,}141 \cdot 2r = 0{,}01745 \cdot \alpha r.$

Ist die Bogenweite w nebst dem Halbmesser gegeben, so hat man $\frac{\frac{1}{2}w}{r} =$ Sin $\frac{1}{2}\alpha$, also

XXXIV. $\frac{1}{2}\alpha =$ dem Winkel, dessen Sinus $= \frac{w}{2r}$ ist.

Bey den hölzernen Bögen ist $\frac{H}{r}$ allemal ein kleiner Bruch, und daher die Größe des halben Bogens von der Sehne des halben Bogens nicht viel verschieden, daher noch genau genug

$$(\tfrac{1}{2}\lambda)^2 = (\tfrac{1}{2}w)^2 + H^2 \text{ und}$$

XXXV. Beynahe $\lambda = \sqrt{(w^2 + 4H^2)}$

also auch $H = \frac{1}{2}\sqrt{(\lambda^2 - w^2)}$.

Aber (aus XXXI.) $w^2 + 4H^2 = 8Hr$, folglich

XXXVI. Beynahe $\lambda = \sqrt{8Hr} = 2\sqrt{2Hr}$

und daher auch

XXXVII. Beynahe $r = \frac{\lambda^2}{8H}$ und $H = \frac{\lambda^2}{8r}$.

Um aus der Länge eines Bogens und seiner Weite den zugehörigen Halbmesser zu finden, dient uns folgender Ausdruck aus der höh. Geom.

Sin.

$$\text{Sin. Bog. } \frac{\frac{1}{2}\lambda}{r} = \frac{\frac{1}{2}\lambda}{r} - \frac{(\frac{1}{2}\lambda)^3}{6\,r^3} + \frac{(\frac{1}{2}\lambda)^5}{120\,.\,r^5} - \text{etc.}$$

In der Anwendung auf die hölzernen Bogenbrücken ist $\frac{\frac{1}{2}\lambda}{r}$ allemal klein genug, um schon das 3te Glied $\frac{\lambda^5}{120\,.\,r^5}$ als unbedeutend bey Seite zu setzen; es bleibt also noch Sin. Bog. $\frac{\frac{1}{2}\lambda}{r}$ beynahe

$$= \frac{\frac{1}{2}\lambda}{r} - \frac{(\frac{1}{2}\lambda)^3}{6\,.\,r^3}$$

oder $\frac{\frac{1}{2}w}{r} = \frac{\lambda}{2r} - \frac{\lambda^3}{48\,r^3}$; also für flache Bögen

XXXVIII. Beynahe $w = \lambda - \frac{\lambda^3}{24\,.\,r^2}$,

Also für solche Bögen auch

XXXIX. Beynahe $r = \sqrt{\frac{\lambda^3}{24\,.\,(\lambda - w)}}$

Bezeichnet man die zum Bogen $\frac{1}{2}\lambda$ gehörige Sehne mit S, so hat man, statt XXXVII., genau

XL. $r = \frac{S^2}{2H}$

also in Verbindung mit XXXIX. beynahe

XLI. $\frac{S^2}{2H} = \sqrt{\frac{\lambda^3}{24\,.\,(\lambda - w)}}$ für flache Bögen.

§. 60.

Man denke sich die bogenförmige Balkenlinie $\gamma\alpha\gamma$ (Fig. 10.) in ihrem Scheitel α senkrecht auf die horizontale $\gamma\gamma$ bis in β herunter gedruckt, so daß $\alpha\beta = k$ werde, also die Länge $\gamma\mu\beta =$ der Länge $\gamma\delta\alpha$ bleibe, und zwar gleichfalls kreisförmig gebogen, so wird, weil $\beta\gamma < \alpha\gamma$ werden muß, nothwendig $\mu\zeta > \delta\nu$. Setzt man nun des neuen Bogens Sehne $\beta\gamma = w$, und die neue Bogenhöhe

$\mu\zeta = h$, so erhält man, indem man nur w statt w, $\frac{1}{8}\lambda$ statt λ, und h statt H schreibt, aus XXXV. beynahe $h = \frac{1}{8}\sqrt{(\frac{1}{4}\lambda^2 - w^2)}$.

Aber $w^2 = \frac{1}{4}w^2 + (H-k)^2$, also

XLII. $h = \frac{1}{8}\sqrt{(\frac{1}{4}\lambda^2 - \frac{1}{4}w^2 - (H-k)^2)}$

oder beynahe

XLIII. $h = \sqrt{\frac{(\lambda^2 - w^2 - 4\,.\,(H-k)^2)}{4}}$ für flache Bögen.

Bezeichnen wir den Halbmesser des neuen Bogens $\gamma\mu\beta$ mit r, so hat man aus XXXIX.

beynahe $r = \sqrt{\frac{(\frac{1}{8}\lambda)^3}{24\,.\,(\frac{1}{8}\lambda - w)}} = \sqrt{\frac{\lambda^3}{24\,.\,(\frac{1}{8}\lambda - w)}}$

Aber $w = \sqrt{(\frac{1}{4}w^2 + (H-k)^2)}$, also für flache Bögen

XLIV. Beynahe

$$r = \lambda\,.\,\sqrt{\frac{\lambda}{192\,.\,\left(\frac{1}{8}\lambda - \sqrt{(\frac{1}{4}w^2 + (H-k)^2)}\right)}}$$

Es ist aber aus (XXXI.) $r = \frac{w^2 + 4h^2}{8h}$

also $4h^2 - 8rh = -w^2$

oder $h^2 - 2rh = -\frac{1}{4}w^2$

daher $h - r = \sqrt{(r^2 - \frac{1}{4}w^2)}$

und XLV. $h = r - \sqrt{(r^2 - \frac{1}{4}w^2)}$

wo man r aus XLIV. nimmt.

Die Substitution dieses Werths von r aus XLIV. giebt den Werth von h für flache Bögen sehr genau und genauer als XLIII.

Ex. Es sey $\lambda = 40'$, $w = 38'$, also (XXXV.)

$H = \frac{\sqrt{(40^2 - 38^2)}}{2} = \frac{1}{8}\sqrt{156} = \frac{12{,}5}{2} = 6{,}25'$;

es sey überdas $k = 1',25$; also $\frac{1}{4} w^2 + (H - k)^2 = 386$, so wird XLIV.

$$r = 40 \cdot \sqrt{\frac{40}{192 \cdot (20 - \sqrt{386})}} = 30,44'$$

und $h = 30,44 - \sqrt{(30,44^2 - \frac{386}{4})}$

$= 30,44 - 28,81 = 1,63'$.

Die Formel XLIII. gäbe $h = \frac{1}{8} \sqrt{(400 - 386)}$ $= 1,87'$ also um etwa $\frac{1}{4}'$ zu groß.

Anm. Eine so starke Krümmung, bey welcher $H = \frac{1}{6} w$ betrüge, findet bey Balkenbögen, wie wir in der Folge sehen werden, niemals statt, daher auch der Unterschied zwischen beyden Werthen von h in der Anwendung auf gekrümmte Balken bey Bogenbrücken ganz unbedeutend wird.

Es sey cad (Fig. 11.) eine Kettenlinie, ab senkrecht auf die horizontale cd, und $bd = \frac{1}{2} cd$; am sey eine auf ab willkührlich genommene Abscisse $= x$, mq die zugehörige Ordinate, aq die zugehörige Bogenlinie $= s$, so hat man (s. m. Handbuch der mech. Wissenschaften S. 269).

XLVI. $s = \sqrt{(x^2 + 2Kx)}$

wo K erst noch bestimmt werden muß.

Setzt man nun $aqd = \frac{1}{2} \lambda$, $ab = H$, und $\frac{1}{2} \lambda$ statt s, H statt x, so wird

$\frac{1}{2} \lambda = \sqrt{(H^2 + 2KH)}$, also $K = \frac{\frac{1}{4} \lambda^2 - H^2}{2H}$

woraus man nun

XLVII. $s = \sqrt{(x^2 + \frac{\frac{1}{4} \lambda^2 - H^2}{H} \cdot x)}$

erhält. Für $x = am$ giebt diese Gleichung die Länge von aq.

§. 62.

Die vorstehende Gleichung für die Kettenlinie läßt sich auch so ausdrucken

XLVIII. $s = \sqrt{\frac{\frac{1}{4}\lambda^2 + Hx - H^2}{H}} \cdot x$

Ist nun die Bogenweite $cd = w$, so ist für den Kreisbogen nach (XXXI.)

$$2r = \frac{H^2 + \frac{1}{4}w^2}{H}$$

und

Kreisbögen $aq = \sqrt{(x^2 + (2rx - x^2) + z^2)}$

wo nämlich z eine kleine Größe bezeichnet, die zur Vollständigkeit des Ausdrucks noch hinzu kommen müßte;

oder

XLIX. Kreisbogen $aq = \sqrt{(\frac{H_2 + \frac{1}{4}w^2}{H} \cdot x + z^2)}$

Nun ist $\frac{1}{4}\lambda^2 - H^2$ in XCVIII nur wenig größer als $\frac{1}{4}w^2$, und, wenn man $x = H$ setzt, Hx mit H^2 einerley, also für $x = H$ der Ausdruck XCIX von dem XCVIII sehr wenig verschieden, und um so weniger für $x < H$. Es wird aber hier allemal H bedeutend kleiner als $\frac{1}{2}\lambda$ angenommen; es ist also in den hier vorkommenden Fällen die Kettenlinie nie merklich von dem Kreisbogen verschieden, so daß sich auf einer von den lothrechten Seitenflächen eines nach einem Kreisbogen nach der ganzen Weite einer Brückenöffnung gebogenen Balkens eine Kettenlinie würde verzeichnen lassen, wenn man erwägt, daß eine solche Seitenfläche (weil wenigstens zwey Balken, ge-

wöhnlich aber und bey etwas weiten Bögen allemal drey dergleichen auf einander gelegt werden) eine beträchtliche Breite hat. Es fällt also in die Krümmung von kreisförmig gebogenen Balken bey Bogenbrücken gewiß allemal auch eine Kettenlinie, und es wäre daher mathematische Pedanterie, die Balken besonders nach einer Kettenlinie krümmen zu wollen.

§. 63.

Weil Balken durch Krümmung zum Tragen geschickter werden, so könnte man auch auf den Gedanken kommen, die Balkenlinie $\gamma\alpha\gamma$ (Fig. 10) parabolisch zu krümmen, um hierdurch im Scheitel eine stärkere Krümmung zu erhalten. Es würde aber hiermit für die Brücke im Ganzen nichts gewonnen werden. Ist nämlich $\cdot\alpha = H$, und die Weite $\gamma\gamma = w$ gegeben, und bezeichnet p den Parameter der Parabel, so ist

$$L \cdot p = \frac{w^2}{4H}$$

und

LI. Krümmungshalbmesser am Scheitel α $\Big\} = \frac{1}{2} p = \frac{w^2}{8H}$;

hingegen für den Kreis (XXXI) $r = \frac{w^2 + 4H^2}{8H}$; da nun $(2H)^2$ in Vergleichung mit w^2 hier allemal sehr klein ist, so würde die Krümmung am Scheitel der Parabel unbedeutend größer als die des kreisförmigen Bogens. Ueberdas ist die Breite oder Höhe der auf einander liegenden Balken allemal so beträchtlich (§. 62), daß sie allemal eine parabolische Linie in sich schließen.

§. 64.

Auch die elliptische Wölbung ist hier entbehrlich,

weil die aus Kreisbögen verschiedener Halbmesser aus verschiedenen Mittelpunkten zusammengesetzten Wölbungslinien (Korblinien) ihre Stelle vertreten, so daß ein hiernach aufgeführter Gewölbbogen wegen der erforderlichen Höhe der Gewölbsteine allemal eine halbe Ellipse in sich schließt. Es können aber die aus Kreisbögen zusammengesetzten Wölbungslinien zweyerley ganz verschiedene Formen haben 1.) so, daß ihre Krümmung vom Scheitel abwärts immer stärker also der Krümmungshalbmesser immer kleiner wird, analogisch mit der Ellipse; 2.) auch so, daß die Krümmung vom Scheitel abwärts abnimmt, also der Krümmungshalbmesser immer größer wird. Bey den steinernen Brücken werden aber nur die ersteren angewendet. Ihre Verzeichnung ist in den folgenden Sätzen enthalten.

§. 65.

Es ist die Weite **AE** (Fig. 16.) nebst der Höhe **CI** gegeben; der Bogen **ABCDE** soll aus zwey gleichgroßen Seitenbögen **AB**, **DE** und einem mittleren Bogenstück **BCD** so zusammengesetzt werden

1.) daß die Tangenten in **A** und **E**, wie **NA**, **ME**, senkrecht auf **AE** stehen.

2.) daß jedes der 3 Bogenstücke nach dem Gesetze der Stetigkeit in das folgende übergehe, d. i., daß Tangenten an **B** und **D** wie **mn**, **PT** sowohl Tangenten für den mittleren Bogen **BD** als für die Seitenbögen **AB** und **CD** seyen.

3.) daß die Hälfte CD des mittleren Bogens BCD zu einem gegebenen Winkel α gehöre.

Aufl. 1. Es sey G der Mittelpunkt des Kreises, von welchem BCD ein Bogenstück ist, so ist $GD = GC$;

es muß ferner, wegen der zweyten Bedingung, des Bogens DE Mittelpunkt in der geraden Linie DG liegen, weil diese auf TP senkrecht ist; überdas muß des Bogens DE Mittelpunkt auch in der geraden EA liegen, weil diese senkrecht auf ME ist.

Also ist der Durchschnittspunkt H, welchen DG mit EA macht, des Bogens DE Mittelpunkt, und $HD = HE$ dieses Bogens Halbmesser.

2. Nun sey Cd oder des Bogens BCD Höhe $= x$, $GC = R$, $HD = HE = r$, $CI = h$, $IE = b$, so hat man

I. $h = x + \frac{R - x}{R} \cdot x$, also $r = \frac{(h - x) \cdot R}{R - x}$

Es ist ferner

3. $GI : IH = Gd : Dd$; oder $(CG - CI) : IH = (GC - Cd) : Dd$, also

$$IH = \frac{(GC - CI) \cdot Dd}{GC - Cd}; \text{ und nun}$$

$$HD = IE - IH = IE - \frac{(GC - CI) \cdot Dd}{GC - Cd}$$

oder

$$r = b - \frac{(R - h) Dd}{R - x}$$

aber $Dd = \sqrt{(2Rx - x^2)}$

also II. $r = b - \frac{(R - h) \cdot \sqrt{(2Rx - x^2)}}{R - x}$

Auch hat man

III. $x = R \,.\, \text{Sinv.}\ \alpha$

4. So hat man also für die 3 unbekannten Grössen R, r und x drey Gleichungen, und kann daher alle 3 Grössen finden.

Man hat nämlich

$$b - \frac{(R-h)\,.\,\sqrt{(2Rx-x^2)}}{R-x} = \frac{(h-x)\,.\,R}{R-x}$$

also

$$\frac{(h-b)^2\,.\,R^2 + 2(h-b)\,.\,R\,.\,(b+R)\,.\,x + (b-R)^2\,.\,x^2}{(R-h)^2} = 2Rx - x^2$$

oder, R . Sinv. α statt x gesetzt,

2. $(\text{Sinv. } \alpha^2 - \text{Sinv. } \alpha)\,R^2 + 2\,[(2\,\text{Sinv. } \alpha - \text{Sinv. } \alpha^2)\,.\,h - \text{Sinv. } \alpha\,.\,(b-h) - \text{Sinv. } \alpha^2\,.\,b]\,.\,R = (2\,.\,\text{Sinv. } \alpha - \text{Sinv. } \alpha^2)\,.\,h^2 - (h-b)^2 - 2\,(h-b)\,.\,b\,.\,\text{Sinv. } \alpha - b^2\,.\,\text{Sinv. } \alpha^2.$

Die in R multiplicirte Grösse ist

$2\,.\,[(2.\,\text{Sinv. } \alpha - \text{Sinv. } \alpha)\,.\,h + \text{Sinv. } \alpha\,.\,b - \text{Sinv. } \alpha^2\,.\,(h+b)]$

oder

$$2\,.\,(\text{Sinv. } \alpha - \text{Sinv. } \alpha^2)\,.\,(h+b)$$

5. Die Grösse zur Rechten in der letzten Gleichung Nro. 3. ist

$$(2\,.\,\text{Sinv. } \alpha - \text{Sinv. } \alpha^2)\,.\,h^2 - [(h-b)+b\,.\,\text{Sinv. } \alpha]^2$$
$$= [2\,.\,(1 - \text{Cos } \alpha) - (1 - \text{Cos } \alpha)^2]\,.\,h^2 - [h - b + b\,.\,(1 - \text{Cos } \alpha)]^2$$
$$= 2\,b\,h\,.\,\text{Cos } \alpha - \text{Cos } \alpha^2\,.\,(h^2 + b^2)$$

6. Nunmehr verwandelt sich die letzte Gleichung Nro. 3. in diese:

$$2(\text{Sinv.}\,\alpha^2 - \text{Sinv.}\,\alpha)\,.\,R^2 + 2\,.\,(\text{Sinv.}\,\alpha - \text{Sinv.}\,\alpha^2)\,.\,(h+b)\,.\,R = 2\,b\,h\,.\,\text{Cos}\,\alpha - \text{Cos}\,\alpha^2\,.\,(h^2+b^2)$$

und

$$R^2 - \frac{2\,(\text{Sinv.}\,\alpha^2 - \text{Sinv.}\,\alpha)\,.\,(b+h)}{2\,.\,(\text{Sinv.}\,\alpha^2 - \text{Sinv.}\,\alpha)}\,.\,R = \frac{2\,b\,h\,.\,\text{Cos}\,\alpha - \text{Cos}\,\alpha^2\,(h^2+b^2)}{2\,(\text{Sinv.}\,\alpha^2 - \text{Sinv}\,\alpha)}$$

oder

$$R^2 - (b+h)\,.\,R = \frac{2\,b\,h\,.\,\text{Cos}\,\alpha - \text{Cos}\,\alpha^2\,.\,(h^2+b^2)}{2\,.\,(\text{Cos}\,\alpha^2 - \text{Cos}\,\alpha)} = \frac{2\,b\,h - \text{Cos}\,\alpha\,.\,(h^2+b^2)}{2\,.\,(\text{Cos}\,\alpha - 1)} = -\frac{2\,b\,h - \text{Cos}\,\alpha\,.\,(h^2+b^2)}{2\,.\,\text{Sinv.}\,\alpha}$$

und hieraus erhält man

$$\text{LII.}\quad R = \frac{h+b}{2} + \sqrt{-\left(\frac{(h+b)^2}{4} - \frac{2\,b\,h - \text{Cos}\,\alpha\,(h^2+b^2)}{2\,.\,\text{Sinv.}\,\alpha}\right)}$$

7. Wäre der zum Seitenbogen D E gehörige Winkel μ gegeben, so ergiebt sich aus Betrachtung der Figur $\mu = 90° - \alpha$ oder $\alpha = 90° - \mu$, also

$$\text{LIII.}\quad R = \frac{h+b}{2} + \sqrt{-\left(\frac{(h+b)^2}{4} - \frac{2\,b\,h - \text{Sin}\,\mu\,.\,(h^2+b^2)}{2\,.\,(1-\text{Sin}\,\mu)}\right)}$$

8. Für einzelne Fälle kann R rational werden. Soll sich I H zu I G verhalten, wie 3 zu 4, so ist H G = 5, und $\text{Cos}\,\alpha = \frac{\text{I G}}{\text{H G}} = 0{,}8$, dieses Nro. 6. gebraucht, giebt

LIV.
$$R = \frac{h+b}{2} + \frac{3(b-h)}{2} = 2b - h$$

oder

$GC =$ der Differenz der Weite und der Höhe des Gewölbbogens

und

$$lG = R - h = 2b - 2h$$

= der Differ. der Weite und der doppelten Höhe des Gewölbbogens.

9. Aus (Nro. 3. II.) gäbe sich r durch Rechnung; wenn man inzwischen mit dem Halbmesser $GC = R$ den Bogen $BCE = \alpha$ beschreibt, und nun aus dem Mittelpunkte G die GD, durch I aber in der Entfernung h von der höchsten Stelle C die gerade $lE = h$ unter einem rechten Winkel auf Cl zieht, so giebt sich der Durchschnittspunkt H und $HD = r$. HE ist dann der mit HD beschriebene Bogen.

§. 66.

Man soll einen gedruckten Bogen aus einer verlangten Anzahl von Kreisbögen verschiedener Halbmesser in stetiger Krümmung verzeichnen z. B. aus 6 Bogenstücken.

Aufl. 1. fC und fE (Fig. 17.) sind die gegebene Höhe und halbe Weite der inneren Wölbung. Hier wird nun fE in 6 ungleiche Theile getheilt, die wir im Verhältnisse 1, 2, 3, 4, 5, 6 nehmen wollen. Man könnte dafür auch andere Verhältnißzahlen annehmen.

2. Man verlängere Cf unterwärts bis F, so daß CF größer werde als fE, und theile die fF in soviele gleiche Theile, als Bögen von E bis C zusammenge-

setzt werden sollen, weniger einen, also hier in 5, die mit I, II, III, IV, V bezeichnet sind.

3. Nun ziehe man die geraden 1 I, 2 II, 3 III, 4 IV, 5 V und nehme auf diesen Linien, welche gehörig verlängert werden.

$$\text{II} = \text{1E} \qquad \text{c}\gamma = \text{c}\beta$$
$$\text{a}\alpha = \text{a1} \qquad \text{d}\delta = \text{d}\gamma$$
$$\text{b}\beta = \text{b}\alpha$$

so sind 1, a, b, c, d, F die Mittlpunkte, aus welchen man mit den Halbmessern 1E, a1, bα, cβ, dγ, vδ die Bögen E1, 1α, $\alpha\beta$, $\beta\gamma$, $\gamma\delta$, δC beschreibt

Anm. 1. Soll der Bogen unten gleich anfangs stärker aufsteigen, so darf man die 6 Abtheilungen auf lE nur nach einem anderen Verhältnisse nehmen z. B. 2, 3, 4, 5, 6, 7, oder 3, 4, 5, 6, 7, 8 u. s. f. Auch ist es gar nicht nöthig, daß diese Verhältnißzahlen in einer arithmetischen Reihe stehen.

2. Die gebrochene Linie E1abcdV ist die Evolute der Wölbungslinie, und ihre ganze Länge = CV.

3. Die Wölbungslinie E1$\alpha\beta\gamma\delta$C erhebt sich desto mehr über f, je kleiner fV genommen wird, und desto weniger, je größer man fV nimmt. Es hängt daher von uns ab, einen mehr oder weniger gedruckten Bogen aus einzelnen Kreisbögen zusammen zu setzen. Sind fC und fE gegeben, so dient nachstehendes Verfahren als Näherung, um einem so geformten Bogen bey einer bestimmten Weite eine verlangte Höhe zu geben.

Man setze die noch unbekannte fV = x, fE = b und fC = H, so ist $VE = \sqrt{(b^2 + x^2)}$,

und $E\,1\,a\,b\,c\,d\,V = VC = x + H$. Es ist aber $E\,1\,a\,b\,c\,d\,V$ nur wenig von der 3ten arithmetischen Proportionallinie zu fV und VE verschieden d. i. beinahe

$$VC - VE = VE - fV$$

oder

$$x + H - \sqrt{(b^2 + x^2)}\ \sqrt{(b^2 + x^2)} - x$$

also beynahe

$$2x + H = 2\sqrt{(b^2 + x^2)}$$

Man hat daher

$$4x^6 + 4Hx + H^2 = 4b^2 + 4x^2$$

Also

$$\text{LV. } x = \frac{4b^2 - H^2}{4H} = \frac{b^2}{H} - \tfrac{1}{4}H$$

Setzt man $2b = w$, so hat man auch

$$\text{LVI. } x = \frac{w^2 - H^2}{4H}$$

wo H allemal beträchtlich kleiner als w ist.

Diese Bestimmung von x ist nur beiläufig, doch für die Ausübung hinlänglich, und zur Beseitigung schwieriger Berechnungen sehr bequem. Findet man für den so berechneten Werth von x bey der wirklichen Verzeichnung des Bogens Höhe nicht genau genug $= H$, wie nämlich die Höhe vorgeschrieben ist, sondern etwas zu klein oder etwas zu groß, so nimmt man im ersteren Falle x etwas kleiner, im letzteren etwas grösser als $\frac{w^2 - H^2}{4H}$. In der Ausübung kommt es auf so ganz genaue Bestimmung von x niemals an, weil die Gründe, welche uns zu einem bestimmten Werthe von H veranlassen,

nie von der Art sind, daß H nicht um einige Zolle größer oder kleiner seyn dürfte. Daher bleiben auch dem Praktiker genauere Bestimmungen, welche sich aus umständlichern rein = mathematischen Untersuchungen ableiten lassen, entbehrlich. Man findet solche in grosser Ausdehnung in Wiebekings theoretisch = prakt. Wasserbauk. (S. 609 bis S. 628.) vom bairischen Ingenieur Kammerloher für Liebhaber theoretischer Untersuchungen sehr gut bearbeitet. Dergleichen aus Kreisbögen zusammengesetzte gedruckte Gewölbbögen heißen dort, zum Unterschiede von den elliptischen, Korbbögen.

§. 67.

Für die Krümmung hölzerner Bögen könnte das Verfahren so abgeändert werden, daß zur Krümmung des obersten Bogenstücks, in welchem der Scheitel der Wölbung liegt, der kleinste, hingegen zur Krümmung des untersten Bogenstücks der größte Krümmungshalbmesser gehörte. Zur Erläuterung dient Fig. 18. Hier ist f e die Hälfte der gegebenen Bogenweite, f C die gegebene Bogenhöhe; f F ist nach Willkühr angenommen, und f e nach dem Verhältnisse der Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 in fünf Theile getheilt worden, wofür man aber auch andere Verhältnißzahlen hätte wählen können.

Die f F wurde also in 4 gleiche Theile getheilt, und nur durch 1 I., 2 II., 3 III., u. s. f. gerade linien gezogen. Der Halbmesser 1 C giebt den Bogen C α, der α II. den Bogen α β, der β III. den β γ u. s. f. endlich der δ IV. den Bogen δ E.

So erhält man also nur die halbe Bogenweite fE statt der vorgeschriebenen fe. Daher muß man eine Korrektion vornehmen, um nach und nach die erforderliche Bogenweite fe durch den Bogen Ce, zu erhalten. Man nähert sich seinem Zwecke durch folgenden Ansatz.

$$Ef : ef = fI : y$$

so daß man jetzt $fI^* = y$ statt fI nimmt, und nun die Theile fI^*, I^* II*, III* IV* statt der vorigen fI, I II, etc. abschneidet, und hiernach eine neue Wölbungslinie verzeichnet, die dann noch einmal korrigirt gewöhnlich mit hinlänglicher Genauigkeit den untersten Bogen durch e durchführt, indem man dabey eine etwa erforderliche Abkürzung oder Verlängerung von 6 — 8 — 12 Zollen leicht anbringen kann.

Es lassen sich noch Erleichterungsmittel zu dieser Verzeichnung angeben. Weil sich aber überhaupt aus dieser Krümmung kein besonderer Vortheil ergiebt so halten wir uns nicht weiter dabey auf.

Fünftes Kapitel.

Nähere Anleitung zur Erbauung steinerner Brücken.

§. 68.

Steinerne Brücken ruhen entweder nur auf beyden Widerlagern, oder, wenn solche zu weit von einander sind, auch noch auf Pfeilern, so daß man für n dergleichen Pfeiler $n+1$ Brückenbögen oder

Brückenöffnungen erhält. Vorausgesetzt, daß die Widerlager und Pfeiler weder sinken noch sonst weichen können, müssen sich die Bögen durch ihre Form und durch die Form und Abmessungen der Gewölbsteine, welche diese Bögen bilden, in ihrer Lage erhalten, wenn ihre Materie nur fest genug ist, um sich nicht verdrucken zu lassen oder für sich in der Luft zu zerfallen. Bey dem ersten Entwurfe zur Erbauung einer steinernen Brücke kommt es daher auf folgende Fragen an:

1) Aus wieviel Bögen soll die Brücke bestehen?
2) Welche Stärke oder Dicke nach der Länge der Brücke genommen, soll man den Pfeilern geben?
3) Welche Weite ergiebt sich hiernach für die einzelnen Bögen? und wie soll sich ihre Höhe (d. h. die Höhe ihrer unteren Wölbungslinie) zur Weite verhalten?
4) Nach welcher Krümmung soll die Wölbungslinie konstruirt werden?
5) Welche Abmessungen soll man den Gewölbsteinen geben? welches ist daher die Anzahl derselben in einem Bogen? und wie werden ihre Fugenschnitte verzeichnet?
6) Welche Breite soll man der Brücke geben? und was hat man in Bezug auf das Steigen und Fallen der Brückenstraße zu beobachten?
7) Wie hat man sich bey den Fundamenten der Pfeiler und Widerlager in Bezug auf Form, Abmessungen und Festigkeit zu erhalten?

8) Was hat man bey Vorköpfen der Pfeiler oder Schutzpfeilern (den an die prismatischen Pfeiler noch angelehnten Schutzmauern) in Rücksicht auf Form und Abmessungen zu beobachten?

9) Was ist bey Einrichtung des Brückengeländers und etwa sonst noch in Bezug auf Festigkeit und Oekonomie des Mauerwerks zu bemerken?

Diese Fragen bestimmen den Gegenstand dieses Kapitels.

§. 69.

Die Anzahl der Bögen, aus welchen die Brücke bestehen soll, hängt hauptsächlich von der Breite des Flusses und von der kleinstmöglichen Höhe ab, die man den einzelnen Bögen zu geben wagen will oder wagen darf. Auch kommt es aber auch dabey auf die Beschaffenheit und Lage der Ufer an. Gestatten nämlich die Ufer keine Fortsetzung der Brückenstraße, und stehen sie dabey nicht beträchtlich über die Oberfläche des Wassers hervor, so könnte die Brückenstraße bey nur einem oder sehr wenigen Bögen zu hoch steigen, so daß sie einen allzusteilen Abhang erhielte. In solchen Fällen könnte man also genöthigt werden, mehrere Bögen anbringen zu müssen, um die Brückenstraße weniger aufsteigen zu lassen, weil engere Bögen auch einer geringeren Höhe bedürfen. Ist man aber in Bezug auf die Ufer unbeschränkt, so daß man die Brückenstraße sanft steigen und fallen lassen kann, so dürfte man es zur allgemeinen Maxime machen, der Brücke die kleinstmög-

liche

liche Anzahl von Bögen zu geben, wenn man Ursache hat, dem Flusse die größtmögliche Freyheit zum Abflusse zu lassen. *)

§. 70.

Die Abweichung einer Wölbungslinie von der eines Halbkreises bey derselben Bogenweite heißt bey elliptischen Gewölben ihre Verdrückung. Wir können aber diese Benennung allgemein für alle Arten von Wölbungslinien beybehalten. Es würde eine ganz fruchtlose Bemühung seyn, das Maaß dieser Verdrückung zur Sicherheit für die Ausübung aus der Theorie bestimmen zu wollen, wie solches jedem Theoretiker sogleich von selbst einleuchten muß, wenn er die nöthigen praktischen Kenntnisse von den Umständen hat, von welchen der Bestand eines Brückenbogens abhängt. Wer es nicht in seiner Gewalt hat, neue Erfahrungen hierüber zu machen, muß sich an diejenigen halten, die wir schon vor uns haben.

Im Allgemeinen giebt es eigentlich für das Maaß der Verdrückung in Hinsicht auf die dabey bestehende Festigkeit keine Gränze. So könnte z. B. (Fig. 10.) die Höhe cd $\frac{1}{10}$ von der Weite ab betragen, wofern

*) Auch gehört hierher noch die allgemeine Frage: ob man überhaupt in einem vorkommenden Falle eine hölzerne oder eine steinerne Brücke bauen solle? Da die Kosten der letzteren die der ersteren gewöhnlich zehnmal, aber zuweilen auch 15 — 20 mal übersteigen können, so hängt die Entscheidung in solchen Fällen von dem Beutel des Bauherrn oder von dem obersten Vorstande der Finanzverwaltung ab, und der Ingenieur hat dabey keine Stimme.

nur die Gewölbsteine hoch genug genommen werden. Ja es könnte die Wölbung ganz verschwinden, wenn man sämmtliche Gewölbsteine bis zur Horizontalen a c b herabgehen läßt. In diesem Falle wäre die Decke der Oeffnung eine horizontale Fläche. Dazu würde dann auch eine angemessene Dicke der Pfeiler erfordert. Hierdurch würde aber die Erbauung der Brücke ungemein erschwert, und ihre Kosten außerordentlich vergrößert. Es kommt also eigentlich darauf an, zusammenpassende Abmessungen für Bogenweite, Bogenhöhe, Dicke und Höhe der Gewölbsteine, und Dicke der Pfeiler anzugeben. Die Theorie kann aber hierbey wenig leisten. Zur Sicherheit für die Ausübung muß man dabey schon versuchte und gelungene Arbeiten zum Grunde legen, und mit Sorgfalt und Umsicht die Bedingungen aufsuchen, unter denen sie gelangen. Vorzüglich dienen uns hierzu die von Perronet erbauten Brücken, deren Beschreibung er uns in seinem trefflichen Werke (Description des Projets de la construction des Ponts de Neuilly, de Mantes etc.) mitgetheilt hat. Insbesondere soll uns hier auch die prächtige Brücke von Neuilly zum Muster dienen, die auch unter die von demselben später erbauten gehört, bey der er also selbst schon seine früheren Erfahrungen benutzen konnte, s. Tab. XVII.

§. 71.

Die Zeichnung (Fig. 20. Tab. IV.) stellt einen Brückenbogen der Brücke zu Neuilly vor. Er ist nicht elliptisch gewölbt, sondern aus 6 Bogenstücken ver-

schiedener Halbmesser in jeder Hälfte zusammengesetzt, daß also jedes Bogenstück zweymal vorkommt, nämlich sowohl zur Rechten als zur Linken des Scheitelpunkts.

Die Sehne des ganzen Gewölbbogens oder die ganze Bogenweite beträgt im Lichten 120 Par. Fuß, also bis zur Mitte 60 Par. F.

Die Theile der halben Sehne, nach welchen die Krümmung des ganzen Gewölbbogens bestimmt worden ist, sind, vom Anfange gegen die Mitte genommen, folgende:

1.)	20′	1″	4‴			Die Differenzen Nro.		
2.)	2	7	11			2. bis Nro. 6. sind		
3.)	5	3	10	Summe		2′	7″	11‴
4.)	7	11	9	= 60′		2	7	11
5.)	10	7	8			2	7	11
6.)	13	3	6			2	5	10

Man sieht, daß hierbey viel Willkührliches zum Grunde liegt.

Der größte Halbmesser gehört zum obersten Bogenstück, hier zu Nro. 6. Er ist = 150′ Par.

Die Höhe der Brückenbögen beträgt 30′ bey einer Weite von 120′.

Die Höhe des Schlußsteins (im Scheitel) ist = 5′.

Die Pfeilerdicke = 13′.

Die Widerlager an beyden Enden der Brücke haben eine Länge von etlich und 60′, nach der Länge der Brücke gemessen, können aber, wegen ihrer durch das besondere Lokal be-

stimmten Einrichtung, hier nicht als Muster zu einer Verhältnißbestimmung gebraucht werden.

Die Breite der Brücke ist = 45′.

Jeder Bogen hat zu beyden Seiten des Schlußsteins 56 Gewölbsteine, besteht also überhaupt aus 113 Gewölbsteinen.

§. 72.

Das Gleichgewicht der Gewölbsteine unter sich, hinlänglichen Widerstand gegen alles Ausweichen an beyden Enden eines Gewölbbogens vorausgesetzt, erfordert zunehmende Höhe derselben vom Scheitel bis zur tiefsten Stelle des Bogens herab. Aber bey den Brückenbögen wird weit mehr erfordert: sie sollen ohne alle Gefahr alle mögliche Lasten tragen, womit sie etwa im Falle der vorkommenden äußersten Belastung beschwert werden können, so daß in allen Stellen der Widerstand die Größe der brechenden Kraft weit übersteigt. Hierzu ist nun der natürliche Bau steinerner Brücken für sich schon behülflich, weil die jedesmalige Vertiefung, welche sich zwischen zwey Bögen ergiebt, mit Steinen ausgefüllt werden muß, so daß der hieraus entstehende Druck alle Ausbeugung des Brückenbogens verhindert. Einbruch aber kann nie erfolgen, so lange der Bogen sich nicht weiter ausdehnen also kein Pfeiler oder Widerlager irgend wohin weichen kann. Einiges Weichen dieser Unterlager oder Stützpunkte kann den Einsturz des Gewölbes zur Folge haben, um so eher, je niedriger die Gewölbsteine sind. Die größte Gefahr des Ein-

sturzes beym Weichen der Stützpunkte trifft das oberste Bogenstück und in solchen insbesondere den Schlußstein, dessen Höhe daher auch als ein Hauptbestimmungsstück bey Brückenbögen angesehen werden muß. Ist diese gehörig angenommen (s. §. 77.), so bedürfen die übrigen Gewölbsteine auch keiner größeren Höhe, ob sie gleich bey manchen Brücken gegen die Stützpunkte herab in zunehmender Höhe angetroffen werden, und Peronet selbst bey der Brücke von Neuilly ihre Höhe vom Scheitelpunkt abwärts zunehmen läßt. Allerdings wird die Festigkeit des Bogens hierdurch noch vergrößert, aber die Anlage auch um soviel kostbarer, und es ist hier nicht blos davon die Rede, wie sich eine Brücke fest genug bauen lasse, sondern wie solches auf die leichteste Weise mit dem geringsten Materialaufwand und der größtmöglichen Kostenersparung geschehen könne?

§. 73.

Die Verzeichnung der unteren Wölbungslinie (Fig. 21.) giebt sich nach (§. 66). Man sieht aber über derselben noch eine Bogenlinie, die sich an zwey Pfeiler am oberen Theile anlehnt, und nicht aus Bögen verschiedener Halbmesser zusammengesetzt, sondern Bogen eines einzigen Halbmessers und zugleich Halbmesser vom höchsten Bogenstück der unteren Wölbungslinie ist.

Die erwähnte obere Bogenlinie kann zugleich als Theilriß gelten, auf welchem die Gewölbsteine der Breite nach bemerkt werden.

Die untere Bogenlinie ABCDE ist die Wölbungslinie, nach welcher die Oeffnung unter der Brücke überwölbt ist. Die über der oberen Bogenlinie liegenden Gewölbsteine bilden nur eine einzige Reihe von Gewölbsteinen, welche hervor oder dem Auge näher stehen und einen Stirnbogen bilden. Der eigentliche Gewölbbogen liegt also etwas zurück, so daß jener Stirnbogen über ihn hervorsteht. Sieht man, vor der Brücke stehend, gegen dieselbe hin, so fallen von den Gewölbsteinen, welche hinter dem Stirnbogen liegen, die Flächen ins Auge, welche Fig. 20. die Flächenstücke DEF und BAG dem Auge zeigen.

Mit Inbegriff der Mörtelfuge ist jeder Gewölbstein zu beyden Seiten des Schlußsteins 18,3″ dick; man kann also die Dicke eines jeden solchen Gewölbsteins genau zu 18″ nehmen. Die Dicke des Schlußsteins ist genau 2′.

§. 74.

Nach der Eintheilung des Theilrisses, dessen Stelle, wo kein Stirnbogen angebracht wird, die untere Bogenlinie vertritt, folgt die Verzeichnung der Fugenschnitte. Diese müssen allemal im Halbmesser des zugehörigen Bogenstücks liegen, also verlängert durch dieses Bogenstücks Mittelpunkt durchgehen. Daher haben der Stirnbogen und der eigentliche Gewölbbogen ausser dem obersten Bogenstück nicht einerley Lage für die Fugenschnitte. Die letzten und höchsten Gewölbsteine zu beyden Seiten des Schlußsteins sind beym Stirnbogen $7\frac{1}{2}$″ hoch; die Höhe des Schlußsteins beträgt 5′.

§. 75.

Wie bey dieser Brücke immer mehrere Gewölbsteine des Stirnbogens gleichsam Staffeln bilden, die sich auch bey andern Brücken nachahmen lassen, giebt die Zeichnung zu erkennen. Diese Brücke wurde, da die alte nichts mehr taugte, im J. 1768 angefangen. Das Gewölb hat an den Pfeilern da seinen Anfang, wo man bey dem niedrigsten Wasserstande den Wasserspiegel gefunden hat. Bey der außerordentlichen Anschwellung im J. 1740 war das Wasser 23 Fuß hoch über den niedrigsten Wasserstand gestiegen. Dieses bestimmte zur Bogenhöhe von 30', um auch noch etwa möglichen größeren Fluthen freyen Durchgang zu lassen.

§. 76.

Wir wollen nun versuchen, einige allgemeine Regeln aus vorstehenden bewährt gefundenen Angaben abzuleiten.

I. Dicke der Gewölbsteine.

Die Dicke der Gewölbsteine ist begreiflich für den Bestand des Gewölbes nicht gleichgültig, ob es gleich dabey auf etwas mehr oder weniger nicht ankommt.

Unter sonst gleichen Umständen hat ein Brückenbogen desto mehr Schwäche, je grösser die Weite W in Vergleichung mit der Höhe H ist. Bey einem nach einem Halbkreise gesprengten Bogen ist eine Dicke von 13 rhl. Zollen in der unteren Gewölblinie allemal vollkommen hinreichend. Dabey ist nun $\frac{W}{H} = 2$. Bey einem bis zur Hälfte niedergedruckten Korbbogen, wo also wie bey der Brücke von Neuilly $\frac{W}{H} = 4$ ist, haben wir nicht nöthig, die Ge-

wölbsteine stärker zu nehmen, als sie schon in der Erfahrung vor uns liegen. Da der Unterschied ihrer oberen und unteren Dicke auf den Bestand des Bogens allerdings einen bedeutenden Einfluß hat, so fällt zwar von selbst ins Auge, daß die Haltbarkeit desto mehr gewinnt, je dicker die Gewölbsteine genommen werden; da aber jene Differenz der oberen und unteren Dicke auch durch Vergrösserung der Höhe der Gewölbsteine vergrössert werden kann, und die hierdurch gewonnene Vergrösserung noch vortheilhafter für den Bestand des Gewölbes ist, sehr grosse Dicke aber in Verbindung mit beträchtlicher Höhe unförmliche Massen geben würde, welche den Brückenbau ohne Noth erschweren, so bleiben wir bey der Bestimmung stehen, welche uns die Brücke von Neuilly an die Hand giebt; nehmen aber dabey auf die Höhe des Schlußsteins Rücksicht. Setzen wir nun die Dicke in rhl. Zollen allgemein $= \delta''$, und bezeichnen die Höhe des Schlußsteins mit h, so thut die Gleichung

LVII. $\delta'' = 8 + \frac{3\,w}{H + h}$ { wo man h nach dem folgenden §. nimmt.

allemal Genüge, daher wir diese Bestimmung überall und selbst bis zu $\frac{w}{H} = 10$ beibehalten können. Auch der Schlußstein bedarf keiner grösseren Dicke. s. LVIII.*

Anm. In Bezug auf die Verdrückung oder Verflächung hat man höchst merkwürdige Beispiele. Z. B. in Par. Maaß:

	Bogenweite.	Bogenhöhe.
Bey der Fleischerbrücke zu Nürnberg	95′	14′
— zu Lyon	108′	15
von Jena zu Paris	86,2	10 *)
— zu Valence über den Quadalquivir	40	4
— zu Melun über die Seine	150	14,5 **)
— zu Diez über die Meurthe	37	3
— zu Pontoise	90	6,7 ***)

Bey der Brücke von Jena ist die Dicke des Schlußsteins nur 16″, die der übrigen Gewölbsteine 15 $\frac{1}{2}$″; die Höhe des Schlußsteins 4′ 5″. Von den übrigen Brücken kann ich diese Dicken nicht angeben.

Nach der grossen Menge von Brücken, welche Wiebeking in seiner Wasserbauk. 3ter Bd. beschreibt, hat man die Dicken von 12″ bis zu 42″ bisher in Ausübung gebracht. Sie beträgt 1.) für den Schlußstein, und 2.) für die übrigen Gewölbsteine

*) Diese Brücke ist ein Bogenstück von einem Kreise, dessen Halbmesser 89′ beträgt.

**) Sie ist ein Bogenstück, das 300′ zum Halbmesser hat.

***) Die berühmte Brücke von Dresden hat keine Verdrückung oder Verflächung. Sie besteht aus 18 Bögen zu 68′ weit und 34′ hoch, daß sie also nach einem Halbkreise gewölbt sind. Am Anfange des Bogens ist die Pfeilerdicke 28′, die Dicke der Widerlager 38′, die Höhe des Schlußsteins 6′; die gesammte Breite der Brücke 35′. Das Verhältniß der Pfeilerdicke zur Oeffnungsweite ist, wie man sieht, ausserordentlich groß. Kein Wunder, daß, als im Sommer 1813

	1.)	2.)
Bey der Brücke von Brioude . . .	36″ . .	36″
Pont-Neuf zu Paris . . .	42 . .	42″
Romans	18 . .	18
Neuilly	24 . .	18
Orléans	18 . .	15
Saumur	24 . .	21
Rosoi	21 . .	18
Melun	24 . .	18
Compiegne	18 . .	18
Maixence	22 . .	20
Brunoi	12 . .	12
Fontaine	23 . .	16
von Jena zu Paris	16 . .	15⅔

Auf die Grösse von $\frac{w}{H}$ ist bey diesen Bestimmungen gar keine Rücksicht genommen worden, wie besonders die Brücke von Jena zu Paris beweist. Die Höhe des Schlußsteins beträgt bey eben dieser Brücke 4′ 5″.

§. 77.

Wir betrachten jetzt

II. Die Höhe und Form der Gewölbsteine.

Die Höhe der Gewölbsteine muß desto grösser seyn, je flacher das oberste Bogenstück, oder je grösser der Halbmesser R dieses Bogens ist. Bey einem

---

ein Pfeiler gesprengt wurde, also 2 Bögen einstürzten, die übrigen (mit noch mehr Festigkeit als man von einem Widerlager fordern kann) unerschüttert stehen blieben.

nach einem Halbkreise gesprengten Bogen von 20′ im Durchmesser (also $R' = 10$) wäre eine Steinhöhe von 13″ rhl. vollkommen hinreichend. Bey der Brücke von Neuilly beträgt diese Höhe 5′ beim Schlußstein. Beiden Bestimmungen thut nachstehende Gleichung Genüge:

LVIII. $$h' = \tfrac{1}{6} + \frac{R'}{36} = \frac{R' + 30}{36}$$

wo R' den zwölften Halbmesser und h' die Höhe des Schlußsteins in rhl. Fußen bezeichnet.

Setzen wir nämlich $h = \alpha + \frac{R}{\beta}$, so haben wir nach obigen Bestimmungen 1) $\alpha + \frac{10}{\beta} = 1{,}08$; 2) $\alpha + \frac{150}{\beta} = 5'$. daraus wird

$$\beta = 36 \text{ und } \alpha = 1{,}08 - \tfrac{10}{36}$$

wo wir dann $\alpha = \frac{1}{6}$ nehmen können.

Bey der Jenabrücke in Paris wäre hiernach $h' = \frac{1}{6} + \frac{89}{36} = 3{,}3'$. Man hat aber wirklich $h' = 4\frac{5}{12}$ genommen. Dagegen sollte aber nach vor. §. $\delta'' = 8 + \frac{3 \cdot 86{,}2}{10 + 4\frac{5}{12}} = 25{,}9''$ seyn, und man hat dafür nur $\delta'' = 16$ genommen. Da man auf solche Weise in den Werthen von δ und h allemal Abänderungen treffen kann, indem man dem einen so zulegt, wie man dem andern abnimmt. Es ist daher der Natur der Sache noch angemessener, hier eine unbestimmte Gleichung zwischen δ und h festzusetzen, nämlich

$$\delta'' h' = \left(3 + \frac{3\,w}{H + h'}\right) \cdot \frac{R' + 30}{36}$$

Dieses giebt

LVIII.* $$\delta'' = \left(\frac{8}{h'} + \frac{3\,w}{(H + h')\,h'}\right) \cdot \frac{R' + 30}{36}.$$

wo man dann h so nehmen kann, daß beiläufig $\delta = 0{,}3 \cdot h$ wird, wie solches bey der Jenabrücke zur Nachahmung der Brücke von Neuilly geschehen zu seyn scheint. Nur muß wegen des grossen Drucks, welchen die Gewölbsteine gegen einander ausüben, δ nie kleiner als $10''$ genommen werden, wenn man deshalb auch $\delta = 0{,}5 \cdot h$ nehmen müßte.

Anm. Die größten Brückenbaumeister weichen in dieser Bestimmung sehr von einander ab. **Palladio, Alberti, Serlio Gauthier** fordern zur Höhe des Schlußsteins, nach Verschiedenheit der Härte des Steins und der Weite des Bogens, $\frac{1}{13}$ bis $\frac{1}{15}$ dieser Weite. **Perronet** verlangt bey weiten Bögen $\frac{1}{24}$ der Bogenweite; doch geht er bey Bögen, welche die von Neuilly in der Weite bedeutend übertreffen, von dieser Bestimmung wieder ab, und verlangt für einen Bogen von $500'$ Weite (zu dessen Aufführung wir übrigens keinem Ingenieur rathen wollen) nur $\frac{1}{75}$ dieser Weite. Bey geringen Weiten fordert er verhältnißmäßig mehr z. B. für die Weite von $36'$ schon $27''$ (statt $\frac{36'}{24} = 18''$). **Wiebeking** adoptirt die Verhältnißzahl $\frac{1}{24}$, wenigstens bis zu $140'$ weiten Bögen (Wasserbauk. 3ter Bd. S. 598). Derselbe giebt auch von vielen Brücken die Höhe des Schlußsteins an. Z. B.

der Bogenweite.

von	Neuilly	$\frac{1}{24}$
—	Orléans	$\frac{1}{15/3}$
—	Saumur	$\frac{1}{15}$
—	Eintrachtsbr. zu Paris . . .	$\frac{1}{20}$
—	Mantes	$\frac{1}{24}$
—	Pont-Neuf	$\frac{1}{12/3}$
—	den Thuillerien	$\frac{1}{15}$
—	der Fleischbrücke zu Nürnberg .	$\frac{1}{24}$
—	Verona	$\frac{1}{27/6}$
—	Claix bey Grenoble	$\frac{1}{46/6}$
—	der Brücke über den Herault nicht weit von Nizza . . .	$\frac{1}{65/3}$
—	Marmorbrücke in Florenz . .	$\frac{1}{65}$
—	Brücke von Jena in Paris . .	$\frac{1}{18/5}$
—	Nemours	$\frac{1}{16/5}$

Uebrigens ist die oben angegebene Bestimmung von h allemal hinlänglich, wenn auch die Höhe der übrigen Gewölbsteine nicht größer als die des Schlußsteins genommen wird, welches im Grunde nicht nöthig ist. Daß indessen, da die Vertiefung zwischen ein paar Bögen unter der Oberfläche der Brücke doch mit Steinen ausgefüllt werden muß, Verminderung dieses Raums durch vergrößerte Höhe der Gewölbsteine

den Bestand der Brücke noch mehr sichern müsse, fällt von selbst ins Auge. In dieser Hinsicht kann man, wo grosse Werksteine ohne zu große Kosten beygeschafft werden können,

LIX. die übrigen Gewölbsteine so nehmen, daß sie vom Schlußsteine abwärts allmählig höher werden, bis sie an den Pfeilern die nebenstehende Höhe erreichen

$$= (1{,}5 - \frac{H}{W}) \cdot h'$$

wo h' aus (LVIII.) genommen wird.

Nahe an den Pfeilern ist für das Gewölbe nichts mehr zu fürchten; hier kann also die Höhe der Gewölbsteine allmälig wieder abnehmen, wenn etwa die doppelte Höhe mehr betragen sollte, als die Breite eines Pfeilers.

§. 78.

Es folgt jetzt

III. Die Dicke der Pfeiler.

In Bezug auf diese Bestimmung sind die größten Brückenbaumeister, selbst Perronet bey seinen verschiedenen Anlagen, sehr schwankend. Bey der Brücke von Neuilly, welche 120′ Bogenweite hat, beträgt die Pfeilerdicke 13 Par. Fuße. Bey der gleichfalls von Perronet erbauten Brücke von Mantes, welche in ihrer Mitte dieselbe Bogenweite von 120′ hat, beträgt sie 24 Par. Fuße. Man muß in Bezug auf dieses Bestimmungsstück zwey Fälle von einander unterscheiden.

A.) Wenn sämmtliche Bögen zugleich aufgeführt werden sollen.

In diesem Falle heben sich die Seitenpressungen, welchen jeder Pfeiler ausgesetzt ist, wenn auch nicht vollständig, doch immer so weit gegenseitig auf, daß der noch überflüßig bleibende einseitige Druck gar nicht besonders berücksichtigt werden darf, wenn man nur dafür sorgt, daß der auf jeden Pfeiler wirkende lothrechte Druck auf eine hinlänglich große Fläche vertheilt werde, damit

LX.
1.) die Pfeilersteine von der Last nicht zerdrückt werden, und
2.) der Pfeiler nicht unter der Last tiefer sinke.

Die hierzu dienlichen Mittel ergeben sich aus §. 3. und §. 34.

und

LXI. Daß die Pfeiler die zu erwartende Eisstöße auszuhalten vermögend seyen.

B.) Wenn die Bögen einzeln nach einander aufgeführt werden sollen.

In diesem Falle haben die Pfeiler während der Aufführung der Bögen einseitigen Druck ausgehalten, und sind daher dem Verrücken oder Verschieben ausgesetzt; sie bedürfen also jetzt einer bedeutend größeren Dicke.

Man sieht wohl, daß die Umstände, welche auf die erforderliche Pfeilerdicke in beyden Fällen (A. und B.) Einfluß haben, nicht von der Art sind, daß mathematische Untersuchungen uns zu einem sicheren Re-

sultate für die Ausübung führen könnten. Wir sind genöthigt, uns an schon vorhandene Erfahrungen zu halten, und dabey zugleich den an sich schon offenbaren Satz zu berücksichtigen, daß die Pfeiler einer desto grösseren Dicke bedürfen, je grösser die Bogenweite und je bedeutender die Verdrückung des Bogens ist.

Beyspiele von Brücken, wo die Pfeiler als Widerlager einzeln aufgeführter Bögen widerstehen mußten, sind von Saumur, Tours, Moulins, Blackfriars, Orléans u. a. m. Bey den 4 ersteren war die Pfeilerdicke $= \frac{1}{5}$ w; bey der Orléans war sie nur $\frac{1}{5,5}$ w. Auch sind wir überzeugt, daß bey einem nur 12′ weiten Bogen jeder Art; in Fällen, wo die Pfeiler einseitigen Druck auszuhalten haben, eine Pfeilerdicke von 5′ vollkommen hinlänglich ist. Bezeichnen wir nun die Pfeilerdicke in Fußen mit Δ, so folgen wir, mit Berücksichtigung des obigen allgemeinen Satzes, der Erfahrung, wenn wir für die beyden Fälle A und B.

LXII. $$\Delta' = \frac{w' \mp 12}{(12 \mp 4) \cdot (1 - \frac{1}{m})} + 2$$

setzen, wo $\frac{1}{m}$ das Maaß der Verdrückung, nämlich $\frac{\frac{1}{5} w - H}{w}$ ist.

oder auch

LXIII. $$\Delta' = \frac{w' \cdot (w' \mp 12)}{(12 \mp 4) \cdot (\frac{1}{5} w' + H)} + 2$$

Das untere Zeichen gilt für A.
obere . . . . . B.

1. Ex.

1. Ex. Zu dem Falle A gehört die Brücke von Neuilly. Für diese ist $w' = 120$, $H' = 30$; die Gleichung giebt also

$$\Delta' = \frac{120 \cdot (120 - 12)}{(12 + 4) \cdot (60 + 30)} + 2 = 9 + 2 = 11'$$

Bey dieser Brücke ist nun zwar wirklich $\Delta = 13'$, aber Perronet ihr Erbauer, erinnert selbst, daß sogar eine Dicke von $10'$ schon vollkommen hinlänglich gewesen seyn würde.

Hätte sie nach der Voraussetzung B aufgeführt werden sollen, so hätte man

$$\Delta' = \frac{120 \cdot (120 + 12)}{(12 - 4) \cdot (60 - 30)} + 2 = 22 + 2 = 24'$$

welches die Pfeilerdicke für die Brücke von Mantes ist, die also ohne Zweifel zu dem Falle B gehört.

2. Ex. Bey der Brücke von Orléans hat man, für $w = 100$, die Bogenhöhe $H = 28'$ und die Pfeilerdicke $= 18'$; da sie zu dem Falle B gehört, so giebt die Formel

$$\Delta' = \frac{100 \cdot (100 + 12)}{(12 - 4) \cdot (50 + 28)} + 2 = 18 + 2 = 20'$$

3. Ex. Die Brücke von Saumur gehört zum Falle B. Bey ihr ist $w = 60'$, $H = 20'$ und $\Delta = 12'$; unsere Formel giebt

$$\Delta' = \frac{60 \cdot (60 + 12)}{(12 - 4) \cdot (30 + 20)} + 2 = 10{,}8 + 2 = 12{,}8.$$

Diese Proben zeigen, daß unsere Formel zur Sicherheit dient, und ebendarum auch zur Prüfung vorhandener Anlagen gebraucht werden kann. Z. B.

4. Ex. Bey der Brücke von Regensburg ist $w = 57'$, $H = 28{,}5'$ und $\Delta = 19'$; unsere Formel giebt selbst für den Fall B nur

$$\Delta' = \frac{57 \cdot (57 + 12)}{(12 - 4) \cdot (28{,}5 + 28{,}5)} + 2 = 8{,}6 + 2 = 10{,}6'.$$

Bey dieser Brücke sind also die Pfeiler selbst unter der Voraussetzung, daß die Bögen einzeln nach einander wären aufgeführt worden, bey weitem zu dick, und die Brückeneröffnungen sind dadurch ohne Noth verengt worden. Noch ein sehr merkwürdiges Ex. s. im folg. §.

Anm. Auf die Eisgänge wird hierbey zugleich mit Rücksicht genommen, obgleich die Formel LXIII. davon unabhängig ist. Der Angriff dieses sonst mächtigen Feindes wird nämlich fürs erste durch angemessene Weite der Bögen oder Brückeneröffnungen sehr geschwächt. Mit der Vergrößerung von w aber nimmt zugleich die Pfeilerdicke Δ' zu. Fürs andere begegnet man bey Ströhmen, welche größeren Eisgängen ausgesetzt sind, ihren nachtheiligen Folgen durch festere Verbindungen der Quatern mittelst eiserner Stäbe, Klammern u. dgl. Fürs dritte begegnet man der Gewalt dieses Feindes durch die an die Pfeiler angelehnten Pfeilerköpfe oder Schutzpfeiler (s. unten §. 82). In Bezug auf hinlängliche Vertheilung des Drucks, welcher die Quatern der Pfeiler zerdrücken oder zermalmen könnte, ist durch unsere Bestimmung von Δ' gleichfalls hinlänglich gesorgt. Perronet meldet, daß nach angestellten Versuchen die Steine bey der Brücke von Neuilly einen 12 mal so großen

Druck hätten aushalten können, als sie dabey wirklich auszuhalten haben.

§. 79.

IV. Die Höhe der Pfeiler und der Brückenöffnungen.

Man führt die Pfeiler nur bis zum niedrigsten Wasserstand, wo dann die Gewölbbögen ihren Anfang nehmen. Der Bestimmung der Höhe einer Gewölböffnung über der Oberfläche der Pfeiler dient der höchste Wasserstand zur Richtschnur. Man thut wohl, wenn man die Höhe so groß nimmt, daß in der Höhe des höchsten Wasserstandes die Sehne des Bogens noch beyläufig $\frac{3}{4}$ von der größten Bogenweite beträgt.

Die Beschaffenheit der Ufer verursacht zuweilen verschiedene Bogenhöhen bey einer und derselben Brücke, welches zugleich verschiedenes Steigen und Fallen der Brücken zur Folge hat, indem die Scheitel der den Ufern näher liegenden Bögen weniger als die der anderen über der Wasserfläche erhaben liegen. In solchen Fällen können dann auch die Bogenweiten zugleich mit den Bogenhöhen abnehmen, damit $\frac{H}{w}$ nicht zu klein werde. In Bezug auf die Größe von $\frac{H}{w}$ ist man sehr weit gegangen, wie die Beyspiele in der Anm. zu §. 76. beweisen. Nach denselben ist

bey der Jenabrücke zu Paris ... $\frac{H}{w} = \frac{1}{8,62}$

Brücke von Valence .... $= \frac{1}{10}$

Melun ..... $= \frac{1}{10,3}$

bey der Brücke zu Diez . . . . . $= \frac{1}{12,3}$

Pontoise . . . . $= \frac{1}{13,4}$

Die Gewölblinie von der Brücke von Pontoise hat nur einen einzigen Mittelpunkt, bildet also mit ihrer Sehne einen Kreisabschnitt; ihr Bogen gehört zu einem Halbmesser von $155\frac{1}{2}$ Par. Fuß, und die Dicke der Pfeiler beträgt nur $9\frac{1}{4}$ Fuß. Die Gleichung LXIII. gäbe, für den dortigen Fall A, $\Delta' = \frac{90 \cdot (90 - 12)}{16 \cdot (45 + 6,7)} + 2 = \frac{7020}{827} + 2 = 10,5'$; eine neue Bestätigung der Sicherheit jener Formel. Die Höhe des Schlußsteins ist uns unbekannt, aber nach LVIII. könnte man sie $= \frac{5}{6} + \frac{155,5}{36} = 0,83 + 4,32 = 5,15'$ hoch nehmen. So flache Bögen erfordern allemal bedeutende Massen zu Gewölbsteinen, zumal, wenn solche nach (LIX.) genommen werden, und völlige Unverrückbarkeit der Pfeiler und Widerlager nicht nur in Ansehung der Fundamente, sondern auch bey den einzelnen Quatern, woraus sie aufgeführt werden. In dieser Hinsicht gehört es immer zu den kühnen Unternehmungen $\frac{H}{w} < \frac{1}{8}$ zu nehmen, wozu wir daher auch nie rathen würden, wenn man nicht dadurch etwa in den Stand gesetzt wird, mit einem einzigen Bogen die beyden Ufer zu erreichen, also die Pfeiler gänzlich zu vermeiden.

§. 80.

V. Die Stärke der Widerlager.

Besteht das Ufer aus einer festen Felsenmasse, so darf man solches nur gehörig ausbrechen, um dem

Gewölbbogen darin eine angemessene Lagerstätte zu verschaffen. Die Vertiefung zwischen der oberen Wölbungsfläche und der Uferfläche wird dann mit Steinen und Mörtel gehörig ausgefüllt.

Findet dieser Fall nicht statt, so muß das Ufer in angemessener Breite, Tiefe und Länge ausgehoben, ein hinlänglich festes Fundament gelegt, und über solchem ein Mauerwerk von Quatern ebenso aufgeführt werden, als hätte man es mit einem Pfeiler zu thun, welcher nur einseitigen Druck auszuhalten hätte. Die Länge des Widerlagers gäbe sich also durch den Werth von Δ' (LXIII), indem man dort die oberen Zeichen gebrauchen müßte (die Länge nach der Länge der Brücke verstanden). Das Ufer kann auch (wie Fig. 22.) staffelweis ausgehoben, und dann die Vertiefung mit Steinen und Mörtel ausgefüllt werden. Die dem Flusse zugekehrte Wandfläche des Widerlagers soll nicht in den Fluß hervorspringen, sondern es muß diese Fläche nur die Stelle der Uferwand vertreten, so daß der Strohm keine Gelegenheit hat, das Widerlager anzugreifen, sondern an dessen Wandfläche nur hingleitet.

Ebendarum wird man auch meistens genöthigt, zu beyden Seiten der Brücke die Widerlager noch mit Flügelmauern zu verbinden, welche dem Ufer und dem Widerlager noch auf eine Strecke (deren Länge sowohl strohmauf- als strohmabwärts nach Beschaffenheit der Ufer 20 — 30 — 40 ja 100 und mehr Fuße betragen kann) als Schutzmauer gegen die Angriffe des Wassers und der Eisgänge dienen. Die Fläche dieser Flügeln kann mit der Fläche des Widerlagers, die

dem anderen Widerlager gegenüber liegt, eine einzige Ebene bilden oder auch unter einem stumpfen Winkel an letztern anstoßen. Uebrigens giebt man diesen Mauern, sowohl dem Widerlager als den Flügeln eine Böschung zu $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll auf 1 Fuß Höhe. Die Legung der Fundamente der Widerlager geschieht wie bey den Pfeilern, insofern die Ufer so beschaffen sind, daß sie künstlicher Fundamente bedürfen. Hiervon wird aber in den folg. §§. noch geredet werden.

§. 81.

VI. Fundamente der Pfeiler und Widerlager, auch ihre Aufführung.

Alle Pfeiler und Widerlager müssen auf festen Fundamenten ruhen. Selbst bey felsichtem Boden sollten sie nicht geradezu von der Oberfläche des Bodens aufgeführt, sondern, wo nicht allzugroße Schwierigkeiten im Wege stehen, in ausgehobene Gruben eingesetzt werden. Wo dieses nicht gestattet ist, kann der Pfeiler durch eine Umgebung von Faschinen gegen Ausspühlungen geschützt werden, wie solches von Wiebeking mehrmals geschehen ist. Bey schlechtem Boden muß allemal eine Verpfählung voran gehen, wobey man auf die Lehren des zweyten Kapitels Rücksicht zu nehmen hat. Bey der Form und Größe der Fundamentgruben muß zugleich auf die Schutzpfeiler oder Vorköpfe Rücksicht genommen werden.

§. 82.

Des eigentlichen Pfeilers Grundfläche ist allemal ein Rektangel, wie Fig. 23, dessen Länge a b der Brü-

ckenbreite mit Inbegriff des Geländers, und dessen Breite die Dicke des Pfeilers gleich ist.

Bey einem Felsenboden kommt nur noch an beyden schmalen Seiten die Grundfläche des Schutzpfeilers hinzu. Diese ist entweder ein gleichschenklichtes Dreyeck a α c, b β d (Fig. 24.), oder ein vermischtlinichtes a α c, b β d (Fig. 25.), oder ein Halbkreis a α c, b β d (Fig. 23).

Die Form (Fig. 25.) hat den Fehler, daß die scharfe Kante auf der dem Strohme zugekehrten Seite durch Bäume, Balken u. dgl., welche zufällig in den Fluß kommen, und besonders durch Eismassen leicht abgestoßen wird.

Mit demselben Fehler vereinigt die Konstruktion (Fig. 24.) noch den, daß sie das Wasser zwischen den Pfeilern zusehr zusammendrängt. Die Konstruktion (Fig. 23.) bleibt nach unserem Ermessen die vorzüglichste. Ebendiese findet man auch bey der Brücke von Neuilly, bey der Einigkeitsbrücke in Paris, bey der Jenabrücke ebend., bey der noch im Bau begriffenen Münchner Brücke u. a. Dagegen haben die Brücken von Mantes, von Orléans u. a. solche Schutzpfeiler wie Fig. 25.

§. 83.

In einem felsichten Boden läßt man also mit Beseitigung der vom Wasser herrührenden Hindernisse, wovon wir nachher noch reden werden, die Fundamentgrube α a b β d c α (Fig. 23.) ausheben, selbst in felsichtem Boden, in welchem jedoch eine Tiefe von

12″ bis 15″ schon hinlänglich ist. Von diesem ist auch hier zuerst nur die Rede.

Diese Fundamentgrube wird nun mit etwa ¾ Fuß hohen Werksteinen von erforderlicher Festigkeit ausgemauert, daß sie also etwa 1 Fuß hoch über den natürlichen Boden des Flusses hervorstehen, und eine horizontale Oberfläche bilden. Die mittleren Steine lasse man von m′ bis n′ 4 Zolle tief und eben so breit aushauen, und lasse nun über diese Mitte einen Stein (welcher der Länge nach auch aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden kann) legen, welcher so behauen ist, daß er in der Mitte seiner Grundfläche nach seiner ganzen Länge eine 3¾″ hohe und 3¾″ breite Leiste behält, welche in die ausgehauene mit Cement ausgeschmierte Rinne hineinfällt. Seine Höhe muß außer der Leiste wenigstens 1 Fuß betragen. Ihm parallel lege man nun wieder nach der ganzen Pfeilerdicke durchgehende Werksteine, die eine neue Steinlage ausmachen, aber verschiedene Höhen haben, so daß sie keine ebene Oberfläche sondern 3—4 Zoll tiefe, 15 bis 24 Zoll breite, Vertiefungen oder Rinnen, die nach der ganzen Pfeilerdicke durchlaufen, bilden. Die Tiefe dieser Rinnen bedarf keiner genauen Bestimmung, sie mögen 5—6—8 Zolle betragen.

Dann wird eine neue Schichte von wenigstens 16 Zoll höhe aufgesetzt, so daß diese neu aufgesetzten Steine ebendarum, weil sie gleiche Höhe haben, wieder eben solche Rinnen zwischen sich bilden müssen.

So wird bis zum niedrigsten Wasserstande fortgefahren, doch so, daß dann der bis dahin aufgeführte Pfeiler für die nachfolgende Aufführung eines Korbbogens eine horizontale Oberfläche bildet, wie solches durch Auslegung der in der obersten Steinlage gebildeten Vertiefungen mit anpassenden Werksteinen leicht bewirkt werden kann.

Bey der Wölbung nach einem Kreisbogenstück, wo also die Bogenlinie mit der zugehörigen Sehne einen Kreisabschnitt bildet, müssen sich zu oberst nach beyden Seiten des Pfeilers abhängige Flächen ergeben, an welche sich die schiefen Flächen der untersten Gewölbsteine genau anschließen. In manchen Fällen wird deshalb eine beträchtliche Abdachung erfordert, die sich aber auch dadurch mindern läßt, daß man dem untersten Gewölbsteine eine mehr keilförmige Form, also einen breiteren Rücken giebt, als ihm nach ordentlicher Verzeichnung der Fugenschnitte eigentlich zukäme.

Zu gleicher Zeit werden auch die Schutzpfeiler bis zum niedrigsten Wasserstande aufgeführt, wozu man nicht leicht über 16 Werksteine, auch bey einer sehr bedeutenden Pfeilerdicke, in einer Schichte nöthig haben wird.

Man kann nun auf jeder Hälfte des Pfeilers, auf welcher die anliegenden Brückenbögen ruhen sollen, nach Beschaffenheit dieser Bögen 2—3—4 und mehr Gewölbsteine mittelst Mörtels auflegen, ohne deßhalb untergesetzter Bogengestelle zu bedürfen; bis zu derselben Höhe kann man dann auch zu gleicher

Zeit die Schutzpfeiler aufführen, um auf solche Weise beträchtlich über den niedrigsten Wasserstand wegzukommen.

Jeder Schutzpfeiler bildet ein Prisma und muß in dieser Form bis zum höchsten Wasserstande oder noch um 1 Fuß höher aufgeführt werden, und erhält dann noch einen Aufsatz von Steinen oder eine Bedeckung, deren Oberfläche nach allen Seiten abhängig ist. Nach unserer Angabe ist das Prisma insbesondere ein halber Cylinder. Die Oberfläche der Bedeckung bildet in diesem Falle eine Art von Wölbung, die sich mehr oder weniger der Hälfte von der Oberfläche einer Halbkugel nähern kann.

Anm. Die zum Wölben erforderliche Rüstung wird etwas erleichtert, wenn man zur Grundfläche des Pfeilers auf beyden Seiten nach der Breite soviel zugiebt, daß man 3 Fuß in der ganzen Breite gewinnt, so daß man (Fig. 23.) noqr statt abcd zur Grundfläche nimmt, und den Pfeiler etwa $\frac{1}{2}$ Fuß unter dem niedrigsten Wasserstande in dieser Dicke aufführt, um auf solche Weise nach der ganzen Länge des Pfeilers auf jeder Seite desselben eine Bank zu $1\frac{1}{2}$ Fuß breit zum Aufsetzen der Bogengestelle zu gewinnen.

§. 84.

Bisher wurde felsichter Boden vorausgesetzt, auch daß die Befreyung der Baustelle von Wasser keinen allzugroßen Schwierigkeiten ausgesetzt sey. Bey minder festem Boden, in den sich Pfähle eintreiben lassen, werden die Fundamentgruben, nach

Beschaffenheit des Bodens 3—4—6 Fuß tief ausgehoben, in einer Breite, welche die Dicke der Pfeiler wenigstens um 3′ übertrifft, auch wohl, nach Beschaffenheit des Bodens um 6—8′. Die Länge kann in solchen Fällen $1\frac{1}{5}$ — 2 mal so groß als die αβ (Fig. 23.) genommen werden, so daß man die Grube an beyden Enden spitzig zulaufen läßt, wie mn opqrm. Die so ausgehobene Grube wird nach der Anweisung des 2ten Kapitels mit Pfählen ausgerammt, das Pfahlwerk mit einem Rost belegt, dieser untermauert, seine Felder ausgemauert, dann mit 3 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll dicken eichenen Dihlen beschlagen, und nun über diesem Dihlboden das Mauerwerk aufgeführt, bis man damit dem natürlichen Boden des Flußbettes gleichkommt; über diese Gränze aufwärts werden die Abmessungen so beybehalten, wie sie im vor. §. angegeben worden. *)

§. 85.

Bey sehr schlechtem Boden oder einem reißenden Strohme kann man noch mehr thun. Man kann auf den Dihlboden ringsherum an den Wänden

*) Ist der Boden sonst gut z. B. ein fester Thon, in welchem 4 Arbeiter an einer 60 Pfund schweren Handramme nur mit Anstrengung einen 5′ langen 8 — 10″ dicken Pfahl von Förlen- oder Fichtenholz einzutreiben vermögen, so ist es genug, wenn auf 20 Q. Fuß Fläche nur ein Pfahl zu 11 bis 12 Zoll dick mit einem 12 Ztr. schweren Rammkloze bis zum Stehen niedergetrieben wird, zwischen solchen aber noch 4mal soviel kurze Pfähle der obigen Art mit der Handramme eingeschlagen werden.

einen 1 Fuß hohen Kranz von eichenen Schwellen legen, auf dieſen eichene Pfoſten ſetzen, und ſolche durch aufgelegte Petten oder Rahmſtücke und eingezogene Riegelhölzer unter einander verbinden, dann die an den Wänden liegenden Riegelfelder bis zu den Rahmſtücken, die dem natürlichen Boden gleichliegen, ausmauern; hierauf die ſo verzimmerte und ausgemauerte Wand ringsherum mit 3 zölligen Dihlen beſchlagen, und nun erſt die ganze Grube, die jetzt einen Kaſten bildet, bis zum oberen Rande dieſes Kaſtens ausmauern. Werden die Rahmſtücke auch noch, wenigſtens in den hervorſtehenden prismatiſchen Räumen **nmr** und **opq** durch Riegeln unter einander verbunden, und die hierdurch entſtehenden horizontalen Riegelfelder gehörig mit großen Steinen ausgemauert, ſo erhält das oberſte Steinlager durch ſeine Verſpannung eine deſto größere Feſtigkeit.

§. 86.

Was den Bau ſteinerner Brücken ſo außerordentlich koſtbar macht, iſt die Beſeitigung der Waſſer an den Stellen, wo die Brückenpfeiler aufgeführt werden ſollen. Von dieſer Beſeitigung werden wir noch beſonders reden. Indeſſen giebt es Mittel, dieſe Beſeitigung ganz zu vermeiden.

I. *Fall.* Wenn, wie gewöhnlich, der Boden des Flußbettes ſo beſchaffen und die Waſſertiefe beym niedrigſten Waſſerſtande nicht zu groß iſt, um beſchuhte Pfähle mit einem 12—16 Zentner ſchweren Rammbäre bis zur erforderlichen Tiefe, welche nach

dem II. Kap. bestimmt wird, einzutreiben, so kann man auf nachfolgende Weise verfahren.

Man treibe eichene Pfähle zu $\frac{5}{4}$ bis zu $1\frac{1}{2}$ Q. Fuß dick in der erforderlichen Anzahl so ein, daß die ringsherum stehenden äußersten Pfähle eine solche Fig. bilden wie α a b β d c α (Fig. 23.).

Die so eingerammten hinlänglich hohen Pfähle schneide man in der Höhe des niedrigsten Wassers in einer einzigen Horizontalfläche ab, belege jeden zu oberst mit einem eisernen Reif, und dann belege man sie längs dem Flusse mit eichenen Schwellen, die auf alle Pfahlköpfe, über die sie hinstreichen, mit durchgehenden starken eisernen Schrauben, die wenigstens 5 Zoll tief in die Pfähle eingreifen, befestigt werden.

Die erwähnten eichenen Schwellen sind wenigstens 14″ hoch, und jedesmal für jeden Pfahlkopf, über den sie hinlaufen, etwa 2″ tief eingeschnitten, so daß sie 2″ tief an jedem Pfahle herabgreifen.

Auf das Schwellenwerk wird nun ringsherum ein Kranz von Eichenholz aufgelegt, der die Figur α a b β d c α (Fig. 23.) bildet; er kann auf die Schwellen mittelst eiserner Dollen oder auch mittelst Schrauben verbunden werden. An der äusseren Seite des Kranzes werden 4″ dicke eichene Dammplanken hinabgetrieben, die ringsherum eine Wand bilden; ihr oberes Ende ist mit (7 — 8 Zoll langen) starken eisernen Nägeln an den Kranz festgenagelt.

Der Kranz wird durch Querhölzer, welche unten überall, wo sie über die Schwellen hinlaufen, etwa

$\frac{1}{4}$ Zoll tief ausgeschnitten sind, um in die gedachten Schwellen einzugreifen.

Sämmtliches Pfahlwerk wird nun mit Steinen verschüttet, so daß ringsherum die grösseren Steine zu liegen kommen. Auf jede Lage Steine, die etwa 8 bis 12 Zoll hoch seyn mag, wird ein Gemenge von Sand, Ziegelmehl und zerkleintem ungelöschtem Kalk geschüttet. Dann folgt wieder eine Lage Steine u. s. f. abwechselnd, bis diese Ausfüllung die obere Fläche des verriegelten Kranzes erreicht.

Nunmehr wird der Kranz mit allen seinen Riegelfeldern mit 5zölligen eichenen Dihlen beschlagen, und auf diesem Dihlenboden die Bögen mit den angelehnten Schutzpfeilern aufgeführt.

Das Pfahlwerk mit seiner Ausfüllung und dem Dihlenboden vertritt jetzt die Stelle eines Pfeilers, der schon bis zum niedrigsten Wasserstande aufgeführt wäre. Rings um einen solchen Pfeiler herum kann man eine Bedeckung von Faschinenbau anbringen.

Ich würde aber bey dieser Art von Pfeilern rathen, die Bogenweite w nie grösser als 10 rhl. Fuße, und die Bogenhöhe H nie kleiner als $\frac{1}{3}$ w zu nehmen, bey Bestimmung der Pfeilerdicke aber $\frac{1}{4}$ w statt w in Rechnung zu bringen.

II. Fall. In sehr tiefen Flüssen oder auch bey felsichtem Boden eines Flußbettes ist eine solche Verpfählung nicht anwendbar. In solchen Fällen bringe man im Fluß über die Stelle, wo der Pfeiler erbaut werden soll, einen hinlänglich grossen Kasten mit ei-

nem auf einem rostförmig zusammengefügten Gebälke ruhenden Boden von 5 zölligen eichenen Dihlen.

Die Wände des Kastens bestehen nach Verschiedenheit der Wassertiefe aus 6 — 8 — 10 — 12 Zoll dicken auf einander liegenden Balken, mit eingesetzten Dollen (lothrechten Zapfen), welche jedesmal durch 3 — 4 solche Balken durchgehen.

Dieser Kasten wird anfänglich nur zu einer geringen Höhe z. B. von 3 — 4 Fußen aufgebaut und dann leer auf das Wasser gebracht, um dann über seinem Boden den Pfeiler sammt Vorkopf von Mauerwerk aufzuführen. Vor der Transportirung dieses Kastens muß die Vertiefung oder Unebenheit des Flußbettes an der zum Pfeiler bestimmten Stelle hoch genug mit Gestein, Grand, Ziegelmehl und zerkleintem gebrennten Kalk ausgeschüttet und dieses Geschütte über eine Fläche verbreitet werden, welche die Grundfläche des Kastens ringsherum noch um 6 — 8 — 12 Fuß übertrifft. Der Kasten selbst aber muß Raum genug haben, um ausser dem Raum für Pfeiler und Vorkopf auch noch zum Aufstellen erforderlicher Pumpen und Scheiben = Paternosterwerke Platz genug zu behalten, weil durch die Fugen des Bodens und der Wände immerhin vieles Wasser eindringen wird.

Nach gehöriger Stellung des Kastens, dessen Lage durch Anker erhalten werden kann, wird mit dem Aufmauern angefangen, wobey derselbe tiefer zu sinken beginnt. Die Erhöhung der Wände kann selbst allmälig mit dem tieferen Versenken fortgesetzt wer-

den. Weil mit dem allmäligen Aufsteigen des Mauerwerks und dem damit verbundenen tieferen Sinken des Kastens auch der Druck des äusseren Wassers auf die Wände immer grösser wird, so kann man an den inneren Wandflächen lothrechte Hölzer (Wandruthen), an den Seitenflächen des aufsteigenden Mauerwerks aber starke Dihlen anstellen und zwischen solchen horizontale Balkenstücke (Einstriche) einzwängen, um die Kastenwände gegen die Verdrückung hinlänglich zu schützen.

So wird nun mit der Aufführung der Pfeiler und der Vorköpfe fortgefahren, bis sie beiläufig die Höhe haben, mit der sie bey völliger Versenkung des Kastens den niedrigsten Wasserstand erreichen können.

Auch der Zwischenraum zwischen den Wänden des Kastens und dem Pfeiler wird allmälig ausgemauert, nur daß man gehörige Vertiefungen für die Maschinen läßt, die dann am Ende noch mit Gestein und Ziegelmörtel ausgefüllt werden

Nach dieser Versenkung werden so viele Gewölbsteine aufgelegt, als mit Sicherheit ohne noch angebrachtes Bogengerüste geschehen kann. Sollte sich aber der so beschwerte Kasten auf dem nur noch locker aufgeschütteten Boden des Flußbettes so eindrücken, daß der Pfeiler sich vielleicht 8 — 10 — 12 Zolle tief oder noch tiefer unter dem niedrigsten Wasserstand einsenkte, so müßte man vor Auflegung der ersten Gewölbsteine den versenkten Pfeiler erst noch erhöhen. Beträgt die Tiefe unter dem niedrigsten Wasserstande nicht über 8 Zolle, so läßt sich durch

angemessene Vergrösserung der Dicke des untersten Gewölbsteins nachhelfen. Ueberhaupt ist es aber räthlich den Pfeiler, wegen des noch hinzukommenden Drucks vom Gewölbbogen noch etwas über den niedrigsten Wasserstand aufzuführen, so daß man für jeden Fuß Bogenweite, nachdem man den Boden weniger oder mehr aufgeschüttet hat, 1 — $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien zur Pfeilerhöhe noch zugiebt.

Am sichersten aber werden die so ausgemauerten Kästen über dem niedrigsten Wasserstand noch bedeutend beschwert und mit dieser Belastung bis ins folgende Jahr stehen gelassen, dann die Belastung erst wieder abgenommen, und mit der Aufmauerung fortgefahren.

Uebrigens würde ich auch in diesem in der That schwierigen Falle die Weite w nie über 70′ und die Höhe H nie über $\frac{1}{4}$ w nehmen.

Anm. Wiebeking sagt in seinen Beitr. zur Brückenbauk. S. 4.

„Vergleicht man den Bau einer steinernen „Brücke mit dem einer hölzernen über einen „Fluß von 700′ Breite, und nimmt man an, „daß die Brücke 5 Oeffnungen erhalten solle, „so wird nach den bisherigen Erfahrungen (wenn „die Werkstücke 8 Stunden weit auf der Axe „transportirt werden müssen) die erstere zwey „Millionen und die letztere 50000 Gulden „kosten.“

Bey dem Anschlag der steinernen Brücke scheint alles in Erwägung gezogen zu seyn, was den Bau

erschweren und kostbar machen kann. Unter gleicher Voraussetzung halten wir den Anschlag der hölzernen Brücke für zu gering. Ueberdas muß von hölzernen Brücken die Rede seyn, welche Jöcher statt der steinernen Pfeiler zu Unterlagern haben. Da können aber auch nach der oben angegebenen Methode hölzerne Pfeiler errichtet werden, und hiermit verschwände ein grosser Theil jener Summe von 2 Millionen.

VII. Bogengerüste und Wölbung.

§. 87.

Hat man die Pfeiler bis zum niedrigsten Wasserstande aufgeführt, so können, wie wir schon bemerkt haben, nach Verschiedenheit der Wölbungslinie und der Höhe der Gewölbsteine, mehrere Gewölbsteine auf beiden Hälften eines Pfeilers ohne eine deßhalb nöthige Unterstützung aufgelegt werden. Das Herabgleiten wird durch die Reibung und durch die noch hinzukommende bindende Kraft des obgleich noch weichen Mörtels immer bis zu einer gewissen Höhe des Bogens verhindert, welche 3 — 4 und mehrere rhl. Fuße betragen kann, so daß man hiermit beträchtlich über den niedrigsten Wasserstand hinauf rückt. Dann werden aber hinlänglich feste Unterstützungen nothwendig, welche die nach und nach auf einander gelegten Gewölbsteine gegen das Abgleiten und gegen das Einstürzen schützen, bis sich der von 2 Pfeilern zugleich angefangene Bogen zusammenschließt. Eine solche zur Unterstützung ange-

brachte Verzimmerung heißt ein Bogengerüste, Bogenstelle, Lehrbogen auch Rüstbogen.

Ein solches Bogengerüste bildet an seinem Umfange einen der beabsichtigten Brückenwölbung angemessenen Bogen, dessen Krümmung aber doch von der Wölbungslinie etwas abweichen muß.

Die Erfahrung hat nämlich gelehrt, daß selbst steinerne Bögen nach der Abrüstung d. h. nach Wegnahme des Bogengerüstes sich allemal etwas setzen. Perronet rechnet hierauf 18'' bey einem 30' hohen und 120' weiten Bogen, wie der zu Neuilly ist. Die Grösse des Setzens hängt von der Differenz der Bogenweite w und der Bogenhöhe H ab; je grösser diese ist, desto bedeutender wird das Setzen. Bey vorstehenden Werthen von w und H beträgt es $\frac{1}{20}$ der gedachten Differenz. Da nun hier die Theorie durchaus keine Anleitung zu einer genauen Bestimmung giebt, aber auch eine nur beiläufige Bestimmung hier genüget, so setzen wir, wenn S die Tiefe des Setzens im Scheitel bezeichnet,

LXIV. $$S = \frac{w - H}{60}.$$

Man richtet nun das Bogengerüste so ein, daß sein äußerster Umfang einem Bogen entspricht, dessen Weite $= w$ und Höhe $= H + \frac{5}{4} S$ wäre *). Bey nicht sehr weiten Bögen kann man solche Bogengerüste auf Klötzchen aufsetzen, wie e, e (Fig. 27.), deren Höhe $= \frac{5}{4} S$ seyn mögte, damit die Gerüstbögen durch das Wegschlagen dieser Klötzchen von ihrem Drucke befreit und dann weggenommen werden

können. Bey sehr weiten Bögen mögte es besser seyn, dergleichen Klötzchen zu oberst auf dem äusseren Umfange des Rüstbogens anzubringen, so daß solche etwa 4 — 5 — 6 Zolle weit von einander entfernt und in Einschnitte des Bogens eingelegt wären, die etwa nur $\frac{1}{8}$ Zoll oder $1\frac{1}{2}$ Linien tief seyn dürften. In diesem Falle wird das Bogengestelle für einen Bogen von der Weite $w - 2\frac{1}{8}$. S und von der Höhe H *) eingerichtet, dann aber ringsum jene Klötzchen von der Höhe $\frac{5}{4}$ S angelegt. *)

§. 88.

Die Rüstung der Bogengestelle muß, insbesondere bey sehr weiten Bögen, mit Umsicht und Sorgfalt vorgenommen werden; sie gleicht oft selbst einem Brückenbau und ist mit bedeutenden Kosten verbunden. Ihre Einrichtung ist sehr willkührlich, wenn sie nur ohne unnöthige Kosten eine hinlänglich sichere Unterstützung gewährt.

Fig. 27. zeigt eine Einrichtung, welche für Bögen bis zu 60′ Weite vollkommene Sicherheit gewährt.

v sind drey etwa 12″ dicke förlene oder fichtene Pfähle, die nur mit einem $\frac{5}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Zentner schweren Rammklotze bey 5′ Hub bis zum Stehen eingetrieben werden; p q eine aufgelegte Schwelle; a b die Schwelle des Bogengerüstes, c die untergelegten

*) Von der Weite w so wie von der Höhe H muß jedoch die Dicke der Lagerdihlen abgerechnet werden; ist diese δ, so muß man $w - 2\delta$ statt w, und $H - \delta$ statt H schreiben, wie für sich klar ist.

Klötzchen. Der Bogen a α β γ δ b wird aus doppelten Dihlen wie der Kranz eines Wasserrades zugerichtet, nur daß hier stärkere Felchen nöthig sind. Gebraucht man 5″ dicke und 12″ breite Dihlen, so erhält man einen Bogen zu 10″ dick und 12″ hoch. Die neben einander liegenden Dihlen oder Felchen decken gegenseitig ihre Fugen. Die Zusammenfügung geschieht an jeder Fuge mit 8 Schrauben. Die angegebenen Abmessungen sind bey den in der Zeichnung zugleich bemerkten Unterstützungen, wenn die Felchen von Eichenholz sind, zu einem 60′ weiten Bogen vollkommen zureichend; und es bleibt ein so eingerichtetes Bogengestelle noch bis zur Weite von 80′ hinlänglich, wenn man 5 Pfähle einrammt und statt der einfachen mittleren Säule zwey in einer Entfernung von etwa 6 Fußen von einander aufstellt und zwischen beyden von jeder zwey Strebbüge ausgehen läßt, einen nach oben und einen nach unten.

§. 89.

Dergleichen Bogengerüste werden zwischen ein paar Pfeilern mehrere einander parallel aufgestellt. Ihre Aufstellung geschieht meistens mit 6′ Abstand von Mitte zu Mitte gerechnet. Man kann aber bey Steinen von mehr als 6′ Höhe auch 5′ Abstand nehmen. Diese Gerüstbögen werden mit Dihlen belegt, welche den Gewölbsteinen während der Aufführung des Bogens zum Unterlager dienen. Ihre Dicke kann $3+n$ Zolle betragen, wenn die Steinhöhe n Fuße beträgt. Wo n etwas beträchtlich ist, gebraucht man Balken statt der Dihlen. Man kann solche

$4 + \frac{5}{4}$ n Zolle hoch und $\frac{1}{3}$ oder halb so dick nehmen, als die untere Dicke der Gewölbsteine. Selbst bey der 45′ breiten Brücke von Neuilly gebrauchte Perronet nur 8 Gerüstbögen, bemerkt aber selbst, daß es besser gewesen wäre, dafür 9 zu gebrauchen.

Die aufgestellten Gerüstbögen können gleich anfänglich durch aufgenagelte Latten mit einander verbunden werden. Zwischen diesen Latten kann man die oben erwähnten Löse = oder Abrüstungsklötzchen bequem einsetzen, um dann auf diese die Gerüstdihlen oder Lagerbalken aufzulegen. In diesem Falle bleiben die Klötzchen e (Fig. 27.) weg.

§. 90.

Bey sehr bedeutenden Brückenbögen muß den Gerüstbögen noch größere Festigkeit gegeben werden. Ein Gerüste, wie Fig. 28., würde selbst einem 3.60 oder 180′ weiten Gewölbbogen die größte Sicherheit gewähren, wenn dabey $\frac{H}{w}$ so beschaffen wäre, daß die mittlere Säule Y nicht über 25′ hoch zu seyn braucht, wozu sich auch die Einrichtung allemal ohne Schwierigkeit machen läßt.

v, v etc. sind 13 mit einem 2 Zentner schweren Rammklotze bey 5′ Hub oder Fallhöhe bis zum Stehen eingetriebene 12 Zolldicke fichtene oder förlene Pfähle.

p, q eine aus 3 — 4 — 5 (in der Zeichnung nur aus 3) Stücken zusammengesetzte Schwelle.

x, x Schwellen nach der ganzen Länge der Pfeiler.

e, e etc. die Löseklötze, die aber nach §. 89. besser

auf den äusseren Umfang A B C D E in gröſserer Anzahl aufgelegt werden.

a, b die Schwelle des Lehrgerüstes.

Anm. Diese Schwelle kann 6— und mehr Fuße hoch über der p q liegen, indem die unteren Gewölbsteine ohne alle Unterstützung bis zu einer gewissen Höhe aufgelegt werden können. Zwischen beyden Schwellen werden dann abwechselnd Pfosten und Strebhölzer zur Unterstützung der a b angebracht, indem die Klötze e, e wegfallen.

Y der aufgestellte Hauptpfosten.

t, t zugehörige Streben.

y, y etc. die übrigen Streben.

w, w etc. eingeschobene Riegelhölzer.

z, z etc. die oberen Riegelhölzer.

f g h i k l m n der untere Gerüstbogen, in welchen die Zapfen sämmtlicher Pfosten y eingreifen.

α, β, γ, δ, ε etc. 9 Träger, welche längs dem ganzen Gewölbe in den äusseren Umfang des unteren Gerüstbogens eingelegt sind.

ι, ι etc. sind nur untergeschobene Pföstchen.

A, B, C, D, E der obere Bogen, welcher nur auf den Trägern α, β, γ etc. aufsitzt, und nicht gerade über dem Bogen f g h i k l m n angebracht ist, sondern jedesmal über die Mitte zwischen zwey solchen unteren Bögen fällt.

A B C D E F etc. die unteren Gewölbsteine. Man sieht, daß die 6 unteren noch keines Gerü-

stes zur Unterstützung bedürfen. Man könnte also die Bogenschwelle a b beträchtlich höher legen, so daß ihre obere Gränzlinie durch die untere oder sogar durch die obere Ecke des 7ten Gewölbsteins durchgienge. Hiermit würde die Höhe der Hauptsäule Y beträchtlich vermindert. Statt der Klötze e würden dann Pfosten zwischen den beyden Schwellen p q und a b so angebracht, daß sie sämmtlich gegen die Mitte, in welcher Y steht, etwas geneigt wären, so daß sie alle gegen λ zu schieben streben.

In der (schon im J. 1811 verfertigten) Zeichnung, zu deren Abänderung es mir jetzt (1815) an Muse fehlt, sind Lagerdihlen geradezu auf den oberen Bogen gelegt worden. Man beschlägt aber die parallelgestellten Bögen, wie die Sparren eines Dachs mit Latten, und legt zwischen solchen die obengedachte Lösekötze ein, auf welche dann hier statt der neben einander gelegten Dihlen lange Balken von der angegebenen Höhe und Dicke aufgelegt werden. Von beyden Pfeilern, zwischen welchen die Bögen stehen, werden nun bis zum Schlußstein hinauf die Gewölbsteine mit einer dünnen Zwischenlage von Mörtel aufgelegt, wo jeder angelegte Stein mit einem 18—24 Pf. schweren hölzernen Hammer noch dichter an den nächstvorhergehenden bey noch nicht erhärteter Speise angetrieben werden kann. Auf jeden Balken kommt eine Reihe von Steinen nach der ganzen Länge des Gewölbes zu liegen. Zuletzt bleibt im Scheitel die Lücke für den Schlußstein

übrig, für deren vorgeschriebene Weite man schon bey Zurichtung der 3 — 4 letzten Gewölbsteine zu beyden Seiten des Schlußsteins Sorge trägt. Der Schlußstein darf nicht willig in die Lücke einpassen, sondern muß beym Einlassen in dieselbe noch etwas oben hervorstehen, so daß man ihn mit einer etwa 30 Pf. schweren Handramme vollends hinab treiben muß.

§. 91.

Die blos angelehnten Bogengerüste verdienen vor den verpfählten insofern den Vorzug, als sie leichter zu erbauen und weniger kostbar sind.

Ich habe (Fig. 28* Straßenbau Tab. III.) ein solches angelehntes Gerüste in seiner größten Festigkeit angegeben, wie es nämlich für die weitesten Brückenbögen bey steinernen Brücken noch vollkommen brauchbar seyn würde, wenn solche auch auf eine Bogenweite von 200' gesprengt werden sollten. Die Zeichnung bedarf keiner umständlichen Erklärung also nur folgendes:

A, A starke Pfosten, welche an die Flächen der Pfeiler oder Widerlager angelehnt werden.

CDE und FGH Bögen verschiedener Halbmesser zu 14 — 16 Zoll dick, (der Dicke nach aus zweyen 7 — 8 Zoll dicken Felchen zusammengesetzt), und, nach Verschiedenheit der Bogenweiten, zu 14 — 18″ hoch. Sie werden der Länge nach aus 8 — 10 — 12 — 15 Stücken zusammengesetzt, nach dem die Bogenweite minder oder mehr bedeutend ist.

a b Hängesäulen von bedeutender Dicke. An jeder solcher Stelle hängen am Bogen zwey dergleichen Säulen zu 16 — 18″ dick einander gegenüber, so daß die Bögen zwischen solchen durchlaufen. Jedes Paar Säulen wird durch starke eiserne Schrauben x mit Gewalt an die Bögen angepreßt. Die inneren einander zugekehrten Flächen dieser Hängesäulen können 2 — 3 Zoll weit von einander abstehen.

Diese Hängesäulen stehen wegen ihrer bedeutenden Dicke wenigstens 10″ dick hervor.

n, o p q Kreuzbüge oder Kreuzstreben, auf beyden Seiten der Bögen zwischen den vorstehenden Hängesäulen.

m, m Spannriegel zwischen den Hängesäulen.

Die Mittellinien der Hängesäulen laufen alle gegen den Mittelpunkt des unteren Bogens.

Die Hängesäulen bilden auf solche Weise mit ihren Kreuzstreben und Spannriegeln Keile, welche den Widerstand der Bögen ausserordentlich vergrössern.

Anm. Das Bogengerüste (Fig. 28*) ist für sehr weite Brückenbögen von 100 bis 200 Fuß Bogenweite eingerichtet. Bey Bögen von 60 bis 100 Fuß Weite kann man den Bogen II. ganz weglassen und dafür bey den Gevieren die Hölzer a b um so viel länger machen, als die Höhe der Krümmlinge vom weggelassenen Bogen ausmacht. Bey Bögen unter 60′ Weite ist eine Dicke von 6″ — 7″ bey einer Höhe von 9 — 10″ für

die einzelnen Krümmlinge, deren jedesmal 2 neben einander die ganze Bogendicke ausmachen, bey der angegebenen Höhe der Hölzer a b vollkommen hinlänglich; auch können bey diesen die Laschen wegbleiben. Wir halten es hiernach für überflüssig, mehrere Muster von Lehrgerüsten beyzufügen. Man kann leicht auf Modifikationen der Einrichtung (Fig. 28*) verfallen z. B. blose Gevier mit längeren Schenkeln a b (zu 8 — 10 — 12′ lang), und zwischen den beyden Schenkeln ausser den beyden Riegelhölzern noch einen Kreuzbug anbringen u. dgl. wo dann die Bögen ganz wegbleiben. Abänderungen der Art und insbesondere Zeichnungen von Lehrgerüsten, wie sie Perronet und andere grosse Brückenbaumeister in Frankreich gebraucht haben, findet man in den Kupfern zum 3ten Bande der neuen Ausgabe von Wiebekings Theor. Prakt. Wasserbaukunst.

VIII. Vollendung der Brücke.

§. 92.

Auf die angegebene Weise werden sämmtliche Fundamente, Pfeiler, mit ihren Vorköpfen, Widerlager, Bögen und ein Theil des Mauerwerks in der jedesmaligen Vertiefung zwischen ein paar Bögen hergestellt. Bey der grossen Schwierigkeit, wo mehr als ein Pfeiler erforderlich ist, solche alle zugleich aufzuführen und so auch die Bögen gleichzeitig auf allen Pfeilern aufzusetzen, thut man am besten, diese Arbeiten nach einander vorzunehmen, also den Pfeilern diejenige Dicke zu geben, welche ihnen nach (§. 78. Lit. B.) zukommt, umsomehr, weil für den mög-

lichen Fall, daß irgend einmal ein Bogen einstürzte, dann doch die hierdurch dem einseitigen Druck Preiß gegebenen Pfeiler gegen den Einsturz, welcher wieder den Einbruch der anliegenden Bögen zur Folge haben würde, hinlänglich gesichert bleiben. Die Schutzpfeiler oder Vorköpfe müssen dabey, ohne die Bedeckung, noch wenigstens 1 Fuß hoch über den höchsten Wasserstand reichen.

§. 93.

Wo die Beyschaffung der Werksteine mit zu grossen Kosten verbunden ist, kann, wie es gewöhnlich geschieht, die gedachte Vertiefung zwischen zwey Bögen zur Hälfte oder zu $\frac{2}{3}$ oder auch zu $\frac{3}{4}$ der ganzen Brückenbreite mit gemeinen Bruchsteinen und dazwischen geschüttetem Mörtel ausgefüllt werden, so daß eine solche Ausfüllung von Lage zu Lage nur mit etwa 36—40 Pf. schweren Handrammen zusammengestampft wird. Hierbey wird also nur zu beyden Seiten der Brücke das Mauerwerk zu 4—5—6 Fuß dick von Werksteinen aufgeführt. Diese Dicke muß man durch die Länge eines einzigen Werksteins zu erhalten suchen. Doch darfen zu den Ausfüllungen zwischen den beyden Stirnmauern keine abgerundete Steine gebraucht werden; solche muß man zu kantigen Stücken zerschlagen. Wo es an Bruch- oder Feldsteinen fehlt, kann man jene Zwischenräume auch mit gut gebrennten Mauerziegeln ausfüllen, die aber ordnungsmässig in Schichten mittelst Speise über einander gelagert werden.

§. 94.

Das auf solche Weise bis zu den Scheiteln der

Brückenbögen hergestellte Mauerwerk wird nun noch nach der ganzen Länge und Breite der Brücke mit einem Mörtel bedeckt, der auch mit Ziegelmehl vermengt ist. Jetzt schreitet man zuerst zur Herstellung der Trottoirs oder Fußwege und der Geländer. Es werden nämlich längs der ganzen Brücke zu beyden Seiten grosse behauene platte Steine, wie m Fig. 30, aufgelegt, welche im gehörigen Verhältnisse zu ihrer Höhe über die äussere Wandfläche hervorstehen z. B. auf eine Breite von 12″ bey einer Höhe von 16″. Am hervorstehenden Theil dieser Steine wird ein Gesims ausgehauen. Ein solcher die Brücke verschönernder Saum kann aber auch als blose Platte ohne Gesims hervortreten, wie Fig. 31, wo aber nur die obere Platte m den Saum bildet. Den Grundriß von diesem oberen Plattenlager sieht man Fig. 33. Der Theil m n o p bildet den über die äussere lothrechte Wandfläche der Brücke hervorstehenden Saum. Fig. 32. ist der Grundriß vom unteren Plattenlager (n Fig. 31). Die Linie o p Fig. 33. fällt auf die o p Fig. 32. Man sieht hier, daß sämmtliche obere Platten bis zur Wandfläche der Brücke zurückgezogen sind, bis auf die schmäleren Platten r, deren Köpfe q bis zur Linie m m hervorragen und so als Balkenköpfe erscheinen, auf welchen der Saum aufliegt. Die Balkenköpfe mit dem aufliegenden Saume erscheinen daher von vornen wie Fig. 34. Auch diese Einrichtung giebt der Brücke ein gutes Ansehen.

Anm. Die Trottoirs steigen und fallen gewöhnlich gleichmässig mit der Fahrstraße. Wiebeking zieht

aber unſeres Bedünkens mit Recht horizontale Trottoirs vor, die hin und wieder an gehörigen Stellen durch eine oder mehrere Staffeln plötzlich ſteigen oder fallen, wenn die Fahrſtraße nicht ſelbſt horizontal liegt. Hierzu wird nur erfordert, daß an den tiefer liegenden Stellen der Brückenſtraße das Geländer der gröſſeren Tiefe gemäß höher aufgeführt wird, ſo daß es über jede horizontal fortlaufende Strecke des Trottoirs gleich hoch hervorragt, und daß der Fußgänger auf allen Abſtufungen das Geländer gleichhoch findet. Die Platten b erhalten alſo eine veränderliche Höhe z. B. von 6 bis zu 16 Zollen.

§. 95.

Indeß die Platten **m** (Fig. 30.) und **n** (Fig. 31.) zu beyden Seiten der Brücke nach ihrer ganzen Länge in den im vor. §. erwähnten Mörtel eingelegt werden, und noch eine Steinlage **c** angeſtoſſen wird, wird nun der noch frey liegende Zwiſchenraum, welcher mit Inbegriff der Rinnen die Breite der Fahrſtraße bildet, und welcher gleichfalls mit Mörtel bedeckt iſt, einige Zolle hoch mit grobem Grand überſchüttet, wobey es am beſten iſt, das Fuhrwerk mit dem Grande bis zu den Plätzen, wo der Grand abgeladen werden ſoll, fahren zu laſſen. Hiernächſt wird dieſe Granddecke wieder abgeebnet, wobey man ſich auch ſolcher Dammer wie Fig. 35. bedient, die nicht über 10 bis 12 Pf. ſchwer ſind. Dann wird der ſo hergeſtellte Boden etwa 6 Zoll hoch, ſoviel nämlich zum Pflaſtern nöthig iſt, mit Sand überführt, und in dieſen die Pflaſterſteine eingeſetzt und mit einer Handramme

nachgestampft. Der an c zunächst anstossende Stein d (Fig. 30. und 31.) kann 10 — 14″ hoch seyn. Weil sich die Wölbung des Pflasters nicht wie bey Chausseen beträchtlich setzen kann, so ist es hinlänglich, die Straße bis zur Mitte e der Breite nach von Fuß zu Fuß nur um $\frac{1}{3}$ Zoll steigen zu lassen.

Auf die Platten m wird eine Geländermauer v aufgesetzt, welche 12 — 16″ dick und mit Inbegriff der mittelst Mörtel aufgelegten 3 — 4″ dicken Deckplatten wetwa $3\frac{1}{2}$ — $3\frac{3}{4}$ rhl. Fuß über die Fläche des Trottoirs hervorragen kann. Sowohl die Deckplatten des Geländers als die Lagersteine b, welche die Trottoirs bilden, können durch eiserne Klammern unter einander verbunden werden. Ich lasse diese letzteren nicht unter der Geländermauer ganz durchgehen, sondern sie nur etwa 1 — $1\frac{1}{2}$ Zolle tief unter die Geländermauer einschieben, weil sie sich nach und nach austreten und dann wieder mit neuen ausgewechselt werden müssen.

Statt der steinernen Geländer können auch eiserne angelegt werden. Ein Beyspiel hierzu nach der Breite und nach der Länge der Brücke geben Fig 36 u. 37. Die eingesetzten eisernen Stäbe können $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll ins Gevierte dick seyn, 5 bis 6 Fuß weit von einander abstehen, und so hoch genommen werden, daß sie ein $3\frac{1}{2}$ Fuß hohes Geländer bilden, über welches, nach Fig. 37., die lothrechten Stäbe abwechselnd mit Inbegriff der aufgesteckten hohlen messingenen Kugeln etwa 10 bis 12 Zolle hervorragen. Am Geländer bringt man zu mehrerer Festigkeit an den

hohen Stäben auf der äußeren Seite noch Eisen zur Verstrebung an, wie x y Fig. 36.

Sechstes Kapitel.

Ueber die Wegschaffung der Wasser beym Brückenbau.

§. 96.

Wie die Aufführung der Pfeiler und Widerlager in Flüssen ohne Wegschaffung der Wasser möglich ist, haben wir oben (§. 86.) gezeigt. Doch gehört die Anwendung solcher Mittel nur zu den Nothfällen, da die solideste Begründung solcher Bauten doch immer diejenige ist, welche nach Wegschaffung der Wasser in ausgehobenen Fundamentgruben kunstmäßig vorgenommen werden kann.

Um nun die Baustelle, wo ein Pfeiler aufgeführt werden soll, in gehörigem Umfange vom Wasser zu befreyen, so daß sich für die vielen dabey anzustellenden Arbeiter, für die Rammmaschine, für die Wasserhebemaschinen und für die beyzuschaffenden vielen Materialien hinlänglicher Raum ergebe, dienen im Allgemeinen zwey Mittel.

1) Das Wasser in einiger Entfernung oberhalb der Brücke abzugraben, und in einiger Entfernung unterhalb derselben es wieder in das alte Bett zu leiten. Hierdurch kann der ganze Querschnitt des Bettes, in welchem sämmtliche Pfeiler aufgeführt

geführt werden sollen, für sie alle auf einmal von Wasser befreyt werden, so daß nachher, wo dieses Mittel anwendbar ist, der Brückenbau ungestöhrt vorgenommen werden kann.

Zuweilen muß hierbey der Platz A (Fig 38.) noch durch zwey Dämme a b, c d eingeschlossen werden.

2) Jedesmal den Platz, wo ein Pfeiler aufgeführt werden soll, oder auch die Stelle für zwey Pfeiler, durch einen Damm zu umschließen, um ihn von dem äußeren Wasser abzusondern, dann die Wasser aus dem eingeschlossenen Raume durch Maschinen auszuheben und die ferner beydringenden Wasser gleichfalls zu verhindern, daß sie sich nicht sammeln und der Arbeit hinderlich werden können.

§. 97.

Das im vor. §. angegebene erste Verfahren ist selten und immer nur bey kleinen Bächen anwendbar, die ein flaches Ufer und dabey ein bedeutendes Gefälle haben, so daß der Ableitungsgraben weder einer bedeutenden Tiefe, noch einer bedeutenden Breite und Länge bedarf. Bey der Anordnung des Ableitungsgrabens rechnet man auf das Mittelwasser, indem die Arbeit soviel möglich bey kleinem Wasser vorgenommen wird.

Der Platz, welcher zur ungestöhrten Erbauung der Brücke vom Wasser befreyt werden muß, falle zwischen die beyden lothrechten Querschnitte p q und r s (Fig. 39.); so nivellire man von p abwärts, horizon-

tal bis man zu der Höhe o kommt, bis zu welcher das Mittelwasser steigt. Dann führe man den Leitungsgraben von einer etwa 20′ oberhalb r liegenden Stelle bis zu einer etwa 20′ unterhalb m liegenden, nach der Mittellinie des Grabens verstanden. Diese Mittellinie fängt z. B. in x an (Fig. 39 und 40.) und endigt sich in y, so daß der Boden des Grabens als eine dem Gefälle angemessene schiefe Fläche von x bis y geführt wird. Man beobachtet vorher die Abflußmenge M bey mittlerem Wasserstande m n (Fig. 39.), und bestimmt den Abhang α der Wasserfläche von z bis n. Aus der in jeder Sek. abfließenden Wassermenge M, der Tiefe $z x = h$ am Anfange des Grabens, dem Abhange der Oberfläche α, dem Gefälle des Bodens von x bis $y = \varepsilon$ und der Länge $x v y = \lambda$ sucht man nun die erforderliche mittlere Breite a b vom Querprofil des Grabens (Fig. 41.), der sich bey mittlerem Wasser bis c d mit Wasser füllt. Bezeichnet man diese mittlere Breite mit b, so hat man, alles in Bezug auf Pariser Fuße, beyläufig

$$M = 91 \cdot bh \cdot \sqrt{\frac{\alpha b h}{\lambda \cdot (b + 2h)}}$$ Par. Kub. Fuße

wofern die Oberfläche der Bodenfläche parallel wäre, oder $\alpha = \varepsilon$. Allgemeiner setzen wir daher

LXV. $$M = 91 \cdot bh \cdot \sqrt{\frac{(\alpha + \varepsilon) \cdot bh}{2\lambda \cdot (b + 2h)}}$$

Dabey ist zu bemerken, daß zwar ε auch einen verneinten Werth haben könnte, daß aber der Gebrauch dieser Formel auf solche

Fälle nicht ausgedehnt werden darf, welches auch in unserem Falle nicht nöthig ist. *)

Da wir übrigens durch einen vor r angelegten Damm das Wasser auch allemal noch etwas aufzustauen im Stande sind, so daß wir hiermit einen größeren Werth von h erhalten, so können wir durch dieses Mittel auch zu einem kleineren Werth von b gelangen, auf dessen Bestimmung es hier eigentlich ankommt, indem man M, h, α, ε und λ als gegeben anzusehen hat.

Um nun b zu bestimmen, kann man so verfahren. Man nimmt zuerst b muthmaßlich an, und sucht hiernach aus LXV. den Werth von M, wie ihn die Formel giebt. Wir wollen diesen Werth mit M* bezeichnen; indem die gegebene Wassermenge = M ist, so setzt man

$$M^* : M = b^* : b$$

wo b* den muthmaßlich angenommenen Werth von b bezeichnet. Hiernach erhält man

$$\text{LXVI.} \quad b = \frac{M \,.\, b^*}{M^*}$$

*) Eine noch genauere und allgemeinere Formel mit einer ausführlicheren Theorie hierüber habe ich in den neueren Abhandlungen der königl. Akad. d. W. zu München mitgetheilt. Meine neuesten wird man im 1ten Bande des in Berlin herauskommenden Archivs für die Baukunst finden. Hier kann die obige Formel genügen. Von verschiedenen Arten die Wassermenge, welche ein Bach oder Fluß in jeder Sek. abführt, zu bestimmen s. mein Lehrbuch der Hydraulik.

Beträgt der Unterschied zwischen M und M* nicht über $\frac{1}{3}$ M, so kann man es bey dieser Bestimmung von b belassen. Ist aber der Unterschied größer als $\frac{1}{3}$M, so kann man eine nochmalige Korrektion vornehmen. Setzen wir nämlich den nach LXVI. gefundenen Werth von b = b**, und berechnen nochmals nach LXV. den zu diesem b gehörigen Werth von M, welchen wir mit M** bezeichnen wollen, so erhalten wir jetzt, so genau es hier nöthig ist,

$$\text{LXVII.} \quad b = \frac{M}{M^{**}} \cdot b^{**}$$

In der wirklichen Anwendung nimmt man aber b allemal noch um $\frac{1}{7}$ größer, als die Berechnung angiebt.

§. 98.

Ungleich wichtiger ist das zweyte Verfahren (§. 96. Nro. 2.), weil es in unzähligen Fällen anwendbar ist, wo das vorige nicht statt findet. Die Umdammung der Baustelle (welche bey sehr breiten Flüssen auch 2 Pfeiler in sich fassen kann) kann sowohl durch Pfähle als durch Bockgestelle und durch Senkkästen geschehen.

Bey der Verpfählung findet ein doppeltes Verfahren statt:

A) Etwa 3—4 Fuße hoch über der Spitze oder dem unteren Ende der Pfähle läßt man eine etwa 4 Zoll breite und eben so tiefe Nuthe *) auf zwey

*) Die Tiefe der Nuthe am unteren gewöhnlich dünneren Theile des Pfahls verstanden. Nach oben wird sie dann etwas größer, weil die innere Wandfläche der Nuthe oder der Boden dieser Rinne der Axe oder Mittellinie des runden Pfahls parallel seyn muß.

einander gegenüber stehenden Seiten anfangen, die man etwa bis zur Höhe von 10 Fußen über die Spitze hinauf laufen läßt. Ich darf hier voraussetzen, daß man diese blos zu einem Damm bestimmten Pfähle in keinem Falle über 7 Fuß tief einzutreiben nöthig hat. Man wird sich zuweilen schon mit 4 Fuß begnügen dürfen. Das Einrammen kann durch einen $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zentner schweren Rammbär so lange fortgesetzt werden, bis die letzten 10 Schläge zusammengenommen ihn nicht mehr über einen Zoll tiefer treiben. Große Rammbäre sind hierzu weniger geschickt, weil sich ihre Wirkung keine so bestimmte Gränzen vorschreiben lassen, innerhalb welchen sie uns schon leisten, was sie ihrem Zwecke gemäß leisten sollen, überflüssiges Einrammen aber das nachher erforderliche Wiederausziehen oder Loswuchten der Pfähle erschwert.

Ueber der Höhe von 10 Fußen lasse man die Ruthe oder Rinne blos als Falze fortsetzen, so daß die dem äusseren Wasser zugekehrte Wand der Ruthe fehlt. Ihr horizontaler Durchschnitt ist also bis zur Höhe von 3 — 4 Fußen wie Fig. 42, dann bis zur Höhe von 10 Fußen wie Fig. 43, und weiterhin bis zum oberen Ende wie Fig. 44.

Wegen der Gewalt, welche die Pfähle beym Eintreiben auszuhalten haben, kann man das obere etwa 3' lange Endstück in seiner natürlichen Rundung lassen, und erst nach dem Einrammen die Falze vollends durchführen. Die Schärfen der Ruthen und Falzen werden wie Fig. 43. und 44. etwas abgerundet.

Die Pfähle mögen auf $\frac{2}{3}$ ihrer Länge von oben herab etwa noch 14″ stark seyn. Von Mitte zu Mitte können sie 36 — 40 Zoll weit von einander abstehen.

Man lasse nun doppelte (der Breite nach aus zwey Dihlen zusammengesetzte) Dammplanken verfertigen, wie Fig. 45, zu 3″ dick, so breit, daß sie in die Nuthen zwischen 2 Pfählen eingeschoben, sowohl bey a als bey b noch 1″ Spielraum hätten, daß also ihre ganze Breite 2″ weniger beträgt, als der Abstand zweyer Nuthenwände a und b von einander. Zur Regulirung des Pfahls während dem Einrammen dient ein solcher Hebelarm, wie Fig. 29, nach welchem jeder Pfahlkopf oben vierkantig geformt wird.

Die beyden Planken oder Dihlen werden, wie Fig. 45, durch gut angenagelte Brettstücke mit einander verbunden.

So werden nun die Dammplanken an die korrespondirenden Falzen zweyer eingerammten Pfähle angelegt und an solchen hinabgeschoben, wie Fig. 46, bis sie tiefer unten in die Nuthen eingreifen, wie Fig. 47, in welchen sie vollends bis zum Boden des Flusses hinab gedruckt werden. Nachdem es nun der Boden gestattet, werden sie noch 1 — 2 — 3 — 4 Fuße tief in den Boden eingetrieben.

So werden rings um die Baustelle herum zwey parallele Reihen von Pfählen eingerammt, welche mit den eingetriebenen Dammplanken zwey parallele Wände bilden; der Abstand der beyden Wände von einander mag $3 + \frac{1}{3}$ h Fuße betragen, wenn h die Wassertiefe bey mittlerem Wasserstande in Fußen be-

zeichnet. Man kann auch Pfahl an Pfahl antreiben lassen.

B) Bey Flüssen, die bey niedrigem Wasserstande nicht über 6 Fuß tief sind, darf man nur 8 — 10 Zoll dicke Pfähle auf die obige Weise eintreiben lassen. Nach dem Eintreiben werden sie etwa 4 — 6 Zoll hoch über dem höchsten Wasserstande abgeschnitten und verzapft. Sämmtliche Pfähle werden nun mit aufgelegten verlochten Balken unter einander verbunden. An diesen Balken werden auf der äusseren (von der Baustelle abgekehrten) Seite Dammplanken hinabgelassen, in den Boden eingetrieben und dann zu oberst an die Balken festgenagelt, wie Fig. 48. Die Pfähle können in diesem Falle 5 — 6 Fuße weit von einander abstehen. Um das Zusammenstossen der etwa 4″ dicken und 10″ breiten Planken zu erleichtern, kann man an jeder Planke, etwa 4 — 5 Fuße hoch über dem unteren Ende ein Paar Weiser von Eisenblech, wie a Fig. 49, befestigen lassen. Für Wendungen der Wand läßt man die Planken etwas schief abschärfen, wie hier bey v.

§. 99.

Sollten sich keine Pfähle in den Boden eintreiben lassen, so ist keine der vorstehenden Methoden anwendbar; aber die Aufstellung bretterner Wände hat dennoch keine Schwierigkeit, wenn man in einem solchen Falle Böcke aufstellt, wie Fig. 50.

Die mit Zapfen z, z versehenen Pfosten A, A müssen in einer Entfernung von einander abstehen, welche die Dicke des Damms ausmacht; cd ist ein durchgehender starker Riegel, welcher zum Eintrei-

ben hölzerner Schließen mit Schließenlöchern b, b versehen ist; a, a sind gleichfalls Schließen, welche zum Reguliren des Rigels c d dienen, solchen auf der einen oder der andern Seite höher oder tiefer zu stellen; m, m aufgelegte Balken zur Vorrichtung eines Stegs. Die Pfosten sind unten mit einer eisernen Spitze beschlagen. Diese bestehen aus frischem Eichenholz, das um so mehr seinen Stand im Wasser behaupten wird, da seine spec. Schwere mit der des Wassers ohngefähr einerley ist. Sämmtliche Bockgestelle werden durch Balken, welche in die Zapfen z, z eingelegt werden, unter einander verbunden. Nunmehr werden Dammplanken, die unten wie die Pfosten mit Spitzen versehen sind, an die Balken z, z angelehnt und befestigt, so daß man wie im vor. §. zwey parallere Dihlwände rings um die Baustelle herum erhält. *)

§. 100.

Der so hergestellte bretterne Kanal wird nun von außen ringsherum einige Fuße hoch mit Grand, Sand und Erde verschüttet. Wo sich unter den Dihlen wegen der Unebenheiten des Flußbettes bedeutende Oeffnungen befinden, kann man große mit Sand und Erde gefüllte Säcke hinablassen, welche sich vor diesen Oeffnungen anlegen. Hiernächst wird nun der ganze Kanal mit Sand und Erde verschüttet. Das alles geschieht soviel möglich bey kleinem Wasser. Da auf

*) Die Ausführbarkeit wird Niemand bezweifeln, der sich an Cäsars Brücke über den Rhein erinnert.

solche Weise der Damm beträchtlich über den äußeren Wasserspiegel hervorragt, so wird die dabey entstehende breiichte Masse theils durch die bleibenden Fugen durch, theils aufwärts getrieben, so daß man durch fortgesetztes Aufschütten trockener Erde allmälig den Brei soweit beseitigen und für den Damm soviel Konsistenz erhalten kann, als es hier nöthig ist.

Man kann aber auch statt der Bockgestelle Kästen zu etwa 3′ breit verfertigen lassen, welche zusammengestellt eine Wand um die Baustelle bilden. Zwey um die Baustelle herumgeführte solche Kastenwände oder Kastenreihen bilden dann zwischen sich einen Raum, der mit Erdreich ausgefüllt den erforderlichen Damm ausmacht.

Die Niedersenkung dieser Kästen geschieht durch allmälige Anfüllung mit Erde, die dann auch nach erfolgter Versenkung noch zu 1 Fuß hoch über den höchsten Wasserstand fortgesetzt wird. Es könnten jedesmal zwey solche einander gegenüberstehende Kästen, zwischen welchen die nachherige Verschüttung mit Erde vorgenommen wird, und welche etwa durch 2 obere und 2 untere Querhölzer mit einander verbunden werden, zugleich versenkt werden, weil die Versenkung der einzelnen große Schwierigkeiten haben würde.

§. 101.

Nunmehr werden Anstalten gemacht, die Wasser aus der vom Damme umgebenen Baustelle wegzuschaffen. Hierzu dienen hauptsächlich die Archimedische Schnecke, die Schaufelkunst, die ge-

meinen Pumpen (Saugwerke), und das Scheibenpaternosterwerk.

§. 102.

Die archimedische Schnecke ist ein um eine Welle schraubenförmig herumgeführter Kanal, der wie eine Röhre blos an beyden Enden offen ist; die untere Oeffnung schöpft das Wasser bey Herumdrehung der Welle, und die obere gießt es aus. Ihre Einrichtung ist folgende.

Man läßt rings um eine 6—8—10 Zoll dicke Welle von Nadelholz ein paar Vertiefungen aushauen, die einander parallel schraubenförmig um die Welle herum geführt werden. In diese etwa, $\frac{1}{4}$ Zoll tiefe Kanälchen werden Brettstücke dicht an einander eingesetzt, so daß man hiermit zwey einander parallele schraubenförmig gewundene bretterne Wände erhält, die zwischen sich einen Kanal bilden. (Durch Herumführung noch mehrerer Wände erhält man mehrere Kanäle, und im Verhältnisse der Mehrzahl, bey gleichschneller Umdrehung der Maschine, auch größeren Effekt.) Nunmehr wird die Welle mit diesem schraubenförmigen Kanale nach ihrer ganzen Länge von außen mit schmalen Brettern belegt, welche auf den äußeren Rand der Bretterwände aufgenagelt werden und so den Mantel der Schnecke bilden. Die Bretter, welche den Mantel bilden, läßt man nach beyden Enden hin etwas dünner abhobeln, um nachher den Mantel etwa von 15 zu 15 Zollen mit stark angetriebenen eisernen Reifen belegen zu können, wie Fig. 52. im Durchschnitt zeigt. Die Welle ist an bey-

den Enden mit Zapfen versehen; der untere wird in eine Pfanne oder Hülse eingelegt; der obere, woran sich zugleich eine Kurbel zur Umdrehung befindet, liegt in schiefer Stellung auf einer eisernen Unterlage, s. Fig. 53 und 54. Oben bey CD wird, zur Unterstützung ein Bock untergesetzt, welcher den Rahmen, in welchem die Maschine aufliegt, am Ausgußende unterstützt.

§. 103 — 107. *)

Bey der archim. Schnecke kommen zwey Winkel in Betrachtung: 1.) Derjenige, welchen die Mittellinie des schraubenförmigen Kanals mit einer auf die Wellenaxe senkrechten Ebene macht; diesen wollen wir mit y bezeichnen; 2.) Derjenige, welchen die Wellenaxe der aufgestellten Maschine mit der lothrecht unter ihr gezogenen Horizontallinie macht; diesen wollen wir mit D bezeichnen. Hier kann man nun folgende Regeln merken:

I. Die Maschine kann nur dann Wasser haben, wenn der Winkel y kleiner als derjenige ist, welchen die Grundfläche der Welle mit dem Horizonte macht; letzterer ist $= 90° - D$, also muß allemal $y < 90° - D$ seyn, oder

LXVIII. $y + D < 90°$.

II. In der Ausübung nimmt man aber, um mit der Schnecke eine bedeutende Wasser-

*) Im Manuscript stand aus Versehen §. 107. daher beim Abdruck hier §. 103. und 107. gesetzt werden mußte, um nicht alle folgende §. §. und Allegationen abändern zu müssen.

menge zu erheben $y + D$ viel kleiner als 90°, und nicht leicht > 70°, auch wohl nur 60° und noch kleiner; y gewöhnlich zwischen 10 und 20 Graden z. B. $y = 15°$, $D = 45°$ bis 55°. Nimmt man $D = 48° 36'$, so hat man Sin $D = 0{,}75$.

Ist also die Länge der Welle vom oberen Wellzapfen bis zum unteren $= \lambda$, so könnte die Maschine so aufgestellt werden, daß die Höhe des oberen Zapfens über dem unteren $= \frac{3}{4} \lambda$ wäre, wobey aber y nicht über 15° genommen werden sollte.

LXVIIII. Wir halten es aber für noch besser, die gedachte Höhe nur $= 0{,}6 \lambda$ (also D nicht über 36°) und dabey $y = 18°$ zu nehmen, so daß die Schraubenlinie auf 10″ Länge um 3″ hoch aufwärts steigt.

Bezeichnen wir also die gedachte Höhe mit H, so erhalten wir für diese Einrichtung

LXX. $$\lambda = \frac{5}{3} . H$$

Die Maschine bleibt dann nicht nur für alle geringere sondern auch noch für etwas grössere Höhen brauchbar.

Die Weite der Gänge hängt von der Höhe H und der Menge der dabey anzustellenden Arbeiter ab, nämlich blos von der Frage, ob die Kraft zur Betreibung der Maschine hinlänglich sey? Die Umdrehung der Kurbel geschieht durch eine am Kurbel-

griff eingesteckte Stange, welche durch die Arbeiter hin und her geschoben wird. Weil sich aber keine große Anzahl dabey anstellen läßt, so ist es besser, eine große Anzahl von Arbeitern unter mehrere solche Maschinen zu vertheilen, und daher einfache Gänge nicht über $\frac{1}{4}$, doppelte aber nicht über $\frac{1}{8}$ Q. Fuß weit zu machen.

Umständlichere Untersuchungen sind hier entbehrlich, s. Mein Lehrb. d. Hydraul. S. 557—580.

§. 108.

Die Schaufelkunst oder das Schaufelwerk besteht aus einer Kette ohne Ende mit angebrachten rektangelförmigen Brettstücken, sogenannten Schaufeln.

Statt der einfachen Kette bringt man bey etwas grossen Schaufeln besser zwey parallele Ketten an.

Die Kette lauft mit ihren Schaufeln durch einen parallelepipedischen Kanal, welcher aus Brettern verfertigt wird, an dessen beiden Enden Wellen mit zwey darum gelegten Scheiben, in welchen ringsherum Stäbe eingelegt sind, angebracht werden. Die obere Welle ist auf der einen oder auch an beiden Seiten mit Kurbeln versehen, bey deren Umdrehung die Schaufeln im Kanal aufwärts bewegt werden, indem sie zwischen die Stäbe der angebrachten Wellen einfallen.

Hierher gehörige Zeichnungen sieht man Fig. 55. und 56. wo ich Fig. 56. nur bey zwey Schaufeln m, m bemerkt habe, wie ich die einzelnen Gelenkglieder habe verfertigen lassen. Jedes Gelenkglied

wie x v w besteht aus einem Stück, das mit dem nächstfolgenden bey x ein Gelenk oder Gewerbe bildet. Zwey solche an einer Schaufel anliegende Stücke werden mit durchgehenden Schrauben an die Schaufel fest angezogen. Man kann aber auch zwischen zwey solchen Gelenkstücken noch ein mittleres anbringen, so daß sich zwischen jedem Paar Schaufeln zwey Gelenke oder 3 Glieder bey einer einfachen, also 6 Glieder bey einer doppelten Kette ergeben.

§. 109.

Man kann mit Belidor die Entfernung der einzelnen Schaufeln von einander im Lichten der Höhe der Schaufeln gleich nehmen. Die Breite der Rinne mag dabey um die Hälfte, oder ein Drittheil oder ein Viertheil grösser genommen werden. Doch werden die nachfolgenden Formeln überhaupt nähere Anleitung zu hierher gehörigen Berechnungen geben, s. unten §. 114. Die Stellung oder Neigung der Rinne gegen den Horizont (Fig. 57. und 58.) ist dabey in Bezug auf den Wasserausguß nicht gleichgültig. In keinem Falle kann der parallelepipedische Raum zwischen 2 Schaufeln ganz mit Wasser angefüllt werden, aber die fehlende prismatische Wassermasse m p q ist Fig. 58. grösser als Fig. 57., nämlich allemal desto grösser, je gröfser der Neigungswinkel c a b ist. Dieses kann zu der Frage veranlassen, welches der vortheilhafteste Neigungswinkel für die Schaufelrinne seyn möge? Belidor findet in seiner hydraulischen Architektur den vor-

theilhaftesten Winkel zwischen 24° und 25°. Karsten berichtigt die Belidorsche Rechnung im VIten Bde. seines Lehrbegriffs der ges. Math. und findet dafür einen Winkel zwischen 37° und 38°. Ebenso finde ich ihn, nur auf anderem Weg, im Lehrb. der Hydraulik. Aber die Sache verdient hier eine nähere Erörterung.

§. 110.

Wenn von einer bestimmten Geschwindigkeit d. h. von einerley Geschwindigkeit der Schaufeln bey verschiedenen Neigungen der Maschine die Rede ist, so fällt ohne Rechnung und ohne Versuche von selbst ins Auge, daß dieselbe Maschine in einerley Zeit bey dem kleineren Neigungswinkel Fig. 57. mehr Wasser ausgiesen müsse, als bey dem grösseren Fig. 58. Aber bey der Grösse des Effekts muß zugleich auf die Förderungshöhe mit Rücksicht genommen werden, und bey einer bestimmten Geschwindigkeit bleibt der absolute Effekt allemal dem Produkt aus der Förderungshöhe in die in einer bestimmten Zeit geförderte Wassermenge proportional. In Bezug auf diesen absoluten Effekt bey einerley Geschwindigkeit behält nun die obige Bestimmung des vortheilhaftesten Neigungswinkels zu 37 — 38° ihre theoretische Richtigkeit. Ganz genaue Uebereinstimmung mit der Erfahrung kann darum nicht erwartet werden, weil bey wirklicher Betreibung der Maschine vieles Wasser über die Schaufeln zurückfällt, und die Quantität dieses Rückfalls selbst vom Neigungswinkel abhängt. Inzwischen kann doch

das Verhältniß der Förderungsmengen durch diesen Umstand nicht bedeutend abgeändert werden. Und es wird daher die obige Bestimmung durch nachstehende Beobachtungen aus dem IIten Bde. der Wiebekingschen Wasserbauk. 6te Abtheil. sehr schön bestättigt:

Neigungs-Winkel.	Förderungs-Höhe.	Förderungsmenge für 1 Min. in K. Fuß.	Produkte aus den Höhen in die geförderten Wassermengen.
48° 18′	14 Fuß	15	210
39° 47′	12 —	24	288
25° 15′	8 —	30	240
18° 40′	6 —	33	198

wo also der Winkel, welcher der theoretischen Bestimmung am nächsten kam, den größten absoluten Effekt gab. Aber bey Vergleichung der Vortheile, welche verschiedene Maschinen gewähren, kommt es offenbar auch auf die Verschiedenheit der Kräfte an, durch welche sie betrieben werden. Man verlangt den relativen Effekt d. h. die Grösse des Effekts mit Rücksicht auf die angewendete Kraft zu wissen. Wäre der absolute Effekt bey angestellten 8 Arbeitern = 200, und bey angestellten 4 Arbeitern = 100, so wäre der relative Effekt in beiden Fällen gleich groß.

Bezeichnen wir den absoluten Effekt einer Maschine mit E, die dazu angewendete Kraft mit P, ihren relativen mit ε, so hat man

LXX. $\varepsilon = \frac{E}{P}$.

Hätte man für eine andere Maschine (oder auch für dieselbe bey anderer Art des Gebrauchs) die ähnlichen Bezeichnungen E', P', ε', so hätte man ebenso $\varepsilon' = \frac{E'}{P'}$; also

LXXI.
$$\begin{cases} \varepsilon : \varepsilon' = \frac{E}{P} : \frac{E'}{P'}; \\ \text{oder} \\ \varepsilon : \varepsilon' = E \,.\, P' : E' P \end{cases}$$

Ein Schaufelwerk hat also nur dann die vortheilhafteste Stellung, wann $\frac{E}{P}$ den größten Werth hat, und die Untersuchung darüber ist daher weder von Belidor noch von Karsten und mir aus dem richtigen Gesichtspunkte angestellt worden, weil zu einerley Geschwindigkeit der Schaufeln bey verschiedenen Neigungswinkeln und verschiedenen Höhen sehr verschiedene Kräfte gehören.

§. 111.

Bezeichnen wir den Neigungswinkel mit α, die Förderungshöhe mit H und die Förderungsmenge für eine bestimmte Zeit mit M, so kommt es offenbar eigentlich auf die Frage an:

Wie groß muß α genommen werden, um bey gegebenen Werthen von M und H die kleinst mögliche Kraft nöthig zu haben?

Die einzelnen Schaufeln giesen, bey sonst völlig gleicher Einrichtung, Fig. 57., wo α grösser ist,

mehr Wasser aus als Fig. 58. In Fig. 57. ist überdas die Anzahl der Schaufeln in demselben Verhältnisse grösser als Fig. 58., in welchem a c Fig. 57. > a c Fig. 58. ist; aber in demselben Verhältnisse ist auch der Druck von 1 Kub. Fuß Wasser längs c a herab in Fig. 57. kleiner als Fig. 58.

Wenn also die einzelnen Kammern in beiden Fällen gleich viel Wasser enthielten, so würde, die Reibung bey Seite gesetzt, in beiden Fällen bey einerley Geschwindigkeit auch einerley Kraft erfordert, und der Effekt wäre in beyden Fällen, wo wir für einerley Förderungshöhe verschiedene Neigungswinkel haben, ganz einerley seyn.

Bey der hier eintretenden ungleichen Anfüllung der einzelnen Kammern aber giebt Fig. 58. weniger als Fig. 57.; aber in demselben Verhältnisse wird auch, alle Nebenlast bey Seite gesetzt, die zu Fig. 58. erforderliche Kraft geringer als die zu Fig. 57. erforderliche. Es wäre also in beiden Fällen doch $\frac{E}{P}$ allemal gleich groß. Zwey Maschinen, welche wegen des grösseren Neigungswinkels zusammengenommen in einer bestimmten Zeit nur eben so viel Wasser auf eine bestimmte Höhe brächten, als eine einzige eben so eingerichtete in derselben Zeit auf dieselbe Höhe, würden, wenn keine Verschiedenheit der Reibung einträte, doch zusammengenommen nur eben so viel Kraft nöthig haben als die einzige. Der grössere oder kleinere Neigungswinkel hat also offenbar blos in Bezug auf die Reibung Einfluß auf

die Grösse des relativen Effekts oder auf die vortheilhafte Stellung, und die Bestimmung eines Winkels zu 37 — 38° kann uns zu nichts dienen.

Wir nehmen daher in der Ausübung nur noch auf 2 Umstände Rücksicht: 1.) auf die grössere Bequemlichkeit, welche uns kürzere Schaufelrinnen geben, weshalb wir den Neigungswinkel α nicht allzuklein nehmen dürfen; 2.) auf den Nachtheil grosser Neigungswinkel, daß die in Bewegung gesetzten Kammern einen desto grösseren aliquoten Theil der darin nach der Theorie d. h. nach solchen Zeichnungen wie Fig. 57. und 58. enthaltenen Wassermenge zurückfallen lassen, je grösser der Neigungswinkel ist. In dieser doppelten Hinsicht setzen wir für die Ausübung, indem wir die Länge der Rinne bis zum Ausgusse mit λ, und die Höhe ihres Ausgusses über ihrer tiefsten Stelle mit h bezeichnen,

LXXII. $h = 0{,}4 \cdot \lambda$

wo wir also $\alpha = 24°$ annehmen, wie ihn auch Belidor, wiewohl aus unrichtigen Gründen, gebrauchte.

§. 112.

Es sey die Förderungshöhe $bc = H$, die an der Kette nach ac wirkende Kraft $= F$ so groß als das Gewicht von F rhl. Kub. Fuß Wasser, die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Kette bewegt $= C$, die in dieser Richtung entgegenwirkende Reibung am Rande der Schaufeln mit Inbegriff der gehörig reducirten Reibung an den Wellzapfen und sonstiger Nebenhindernisse $= \varphi$, die in 1 Sek. erhobene Wassermenge in rhl. Kub. Fußen $= M$; die von dieser

bis zur höchsten Stelle erhobenen Wassermenge in jeder Sek. wieder zurückfallende $= \mu$ *), die ausgegossene $= M$; die Geschwindigkeit, mit welcher mittelmäßige Arbeiter die Drehstangen an der Kurbel hin und her zu stoßen vermögen, $= c$; die Kraft, mit der ein Arbeiter die Stange hin und her stößt, so groß' als das Gewicht von p Kub. Fuß Wasser, die Anzahl der angestellten Arbeiter $= N$, so ist nach den allgemeinen Grundsätzen der Maschinenlehre

LXXIII. $M \cdot H = (F - \varphi) \cdot C$

und nach hinlänglichen Erfahrungen mit Sicherheit für die Ausübung in Bezug auf rhl. Fuße

LXXIV. $p \cdot c = \frac{22}{66} \cdot 2{,}2 = 0{,}66.$

Die Länge des Kurbelarms sey $= R$, der mechanische Halbmesser der oberen Welle $= r$, so ist C

$$\frac{r}{R} \cdot 1{,}57 \cdot c = \frac{r}{R} \cdot 1{,}57 \cdot 2{,}2 = 3{,}45 \cdot \frac{r}{R} \text{ rhl. F.}$$

$$\text{Also } M \cdot H = (F - \varphi) \cdot 3{,}45 \cdot \frac{r}{R}.$$

$$\text{Es ist aber } F = \frac{R}{r} \cdot N \cdot \frac{22}{66}, \text{ demnach}$$

$$M \cdot H = \left(\frac{R}{r} \cdot N \cdot \frac{22}{66} - \varphi\right) \cdot 3{,}45 \cdot \frac{r}{R}$$

$$\text{oder } MH = \frac{34{,}5}{33} \cdot N - 3{,}45 \cdot \frac{r}{R} \cdot \varphi.$$

Wenn nun gleich das zu den Nebenhindernissen gehörige 2te Glied, welches φ enthält, selten über

*) Jede untere Kammer erhält ihren vollständigen Ersatz aus der nächsthöheren, und so trifft der Verlust nur die jedesmalige Ausgußkammer.

$\frac{1}{4}$ der angewendeten Kraft und beynahe nie $\frac{1}{3}$ derselben erschöpfen kann, so wollen wir doch dieses letztere allgemein annehmen, da ohnehin eine genaue Berechnung darüber nicht angestellt werden kann. Wir erhalten hiernach den höchst einfachen Ausdruck

LXXV. $MH = 0{,}7 \cdot N$

also

LXXVI. $$\begin{cases} N = \frac{10 \cdot MH}{7} \text{ und } M = \frac{0{,}7 \cdot N}{H}. \\ \text{und } \mathfrak{M} = M - \mu = \frac{0{,}7 \cdot N}{H} - \mu \end{cases}$$

§. 113.

Die Breite des Gerinnes sey β, die Höhe der Schaufeln $= v$, ihr Abstand von einander im Lichten $= \delta$, ihre Dicke $= d$, der Neigungswinkel der aufgestellten Maschine $= \alpha$, so ist der Kub. Inhalt des zwischen 2 Schaufeln enthaltenen parallelepipedischen Raums $= v \cdot \beta \cdot \delta$; der Kub. Inhalt des prismatischen Stücks m p q ist $\frac{1}{2}$ m q . q p . β $= \frac{1}{2}\delta \cdot \beta \cdot \delta \cdot \text{tg } \alpha = \frac{1}{2}\delta^{2} \cdot \beta \cdot \text{tg. } \alpha$; also

der Kub. Inhalt des Wasserhaltigen Raums für jede Kammer $= (v - \frac{1}{2}\delta \text{ . tg. } \alpha) \cdot \beta\delta$

Aber wegen des unvermeidlichen Verlustes durch den Rückfall und wegen des Raums, den die Kette im Wasser einnimmt, vermindern wir diesen Werth noch um $\frac{1}{5}$, und so erhalten wir, wenn wir die mit jeder Kammer ausgegossene Wassermenge $= m$ setzen,

$m = 0{,}8 \cdot \beta \cdot \delta \cdot (v - \frac{1}{2}\delta \text{ . tang. } \alpha)$

In 1 Sek. durchläuft jedes Kettenglied einen

Weg $C = 3{,}45 \cdot \frac{r}{R}$ rhl. Fuß (§. 112.); die hierzu gehörige Anzahl von Schaufeln oder Kammern ist $= \frac{3{,}45 \cdot \frac{r}{R}}{\delta + d}$, also wird in 1 Sek. eine Wassermenge

LXXVII. $\mathfrak{M} = \frac{3{,}45 \cdot r}{R \cdot (\delta + d)} \cdot 0{,}8 \cdot \beta \cdot \delta \cdot (v - \frac{1}{2}\delta \cdot \text{tg.}\,\alpha)$

ausgegossen, und so erhalten wir eine zweyte Gleichung für M; nämlich $\mathfrak{M} = M - \frac{1}{3} M$, also $M = \frac{3}{4}\mathfrak{M}$ oder

LXXVIII. 1) $M = \frac{3{,}45 \cdot r}{R \cdot (\delta + d)} \cdot \beta \cdot \delta \cdot (v - \frac{1}{2}\delta \cdot \text{tg.}\,\alpha)$,

auch, weil $\mathfrak{M} = \frac{1}{3} M$ ist, aus (LXXVI.)

2) $\mathfrak{M} = \frac{0{,}56 \cdot N}{H}$

Substituiren wir diesen Werth von M in LXXVI., so erhalten wir sehr nahe

LXXIX. 1) $N = \frac{5 \cdot r \cdot H}{R \cdot (\delta + d} \cdot \beta \cdot \delta \cdot (v - \frac{1}{2}\delta \cdot \text{tg.}\,\alpha)$,

auch aus (LXXVI.), $\frac{3}{4}\mathfrak{M}$ stat M gesetzt,

2) $N = 1{,}78 \cdot \mathfrak{M}\, H.$

Die beyden Formeln LXXVIII. und LXXIX. beantworten alle hierher gehörige Fragen, welche auf die besonderen Abmessungen Bezug haben.

Sucht man für eine bestimmte Förderungsmenge M den Abstand δ, so daß v und β gleichfalls gegeben sind, so setze man $\frac{\delta}{\delta + d} = 0{,}9$, dieses giebt

$$M = \frac{3{,}45 \cdot r}{R} \cdot 0{,}9 \cdot \beta \cdot (v - \tfrac{1}{2}\delta \cdot \text{tg.}\,\alpha)$$

also

$$v - \frac{R \cdot M}{3{,}105 \cdot r \cdot \beta} = \frac{1}{3}\delta \cdot \text{tang. } \alpha$$

daher beynahe

$$\text{LXXX.} \quad \delta = \frac{2 \cdot (v - \frac{R \cdot M}{3{,}1 \cdot r \cdot \beta})}{\text{tang. } \alpha}$$

$$= \frac{2 \cdot (v - \frac{R \cdot M}{2{,}5 \cdot r \cdot \beta})}{\text{tang. } \alpha}$$

Wenn nun gleich in einzelnen Fällen $\frac{\delta}{\delta + d}$ nicht genau $= 0{,}9$ wäre, so bleibt doch diese Bestimmung von δ allemal hinlänglich, da es hier durchaus nicht auf sehr feine Bestimmungen ankommt, und eine so kleine Aenderung im Werthe von δ nicht einmal als Abweichung von der Wahrheit, und noch weniger als Nachtheil für den Effekt angesehen werden kann.

Für $\alpha = 24°$ ist tang. $\alpha = 0{,}445$.

Auch erhält man aus LXXVIII., weil $M = \frac{3}{4}\mathfrak{M}$ ist,

$$\text{LXXXI.} \quad \beta = \frac{R \cdot (\delta + d) \cdot \mathfrak{M}}{2{,}76 \cdot r \cdot \delta \cdot (v - \frac{1}{3}\delta \cdot \text{tang. } \alpha)}$$

§. 114.

Bey bestimmter Breite, Höhe und Dicke der Schaufeln und einem bestimmten Neigungswinkel der Rinne, erhält man bey einer und derselben Geschwindigkeit der Schaufeln ganz verschiedene Werthe von M, nachdem man den Abstand der Schaufeln von einander größer oder kleiner macht. Es giebt nothwendig einen Werth von δ, für welchen dann M ein Maximum wird. Diesen zu finden, dient uns

LXXVIII. M muß ein Maximum werden, wenn das Produkt $\frac{\delta}{d+\delta} \cdot (v - \frac{1}{3} \text{ tang. } \alpha \cdot \delta)$ ein Maximum wird. Durch Differentiirung erhält man

$$v\,d - \tfrac{1}{3} \text{tg. } \alpha \cdot d \cdot \delta - \tfrac{1}{3} \text{tg. } \alpha \cdot d \cdot \delta - \tfrac{1}{3} \text{tg. } \alpha \cdot \delta^2 = 0$$

daher

$$\delta = -d + \sqrt{(d^2 + \frac{2\,v\,d}{\text{tg. } \alpha})}$$

oder

LXXXII.
$$\delta = \left(-1 + \sqrt{\left(1 + \frac{2\,v \cdot \text{Cot. } \alpha}{d}\right)}\right) \cdot d$$

oder auch

$$\delta = -d + \sqrt{(d^2 + 2\,v\,d \cdot \text{Cot. } \alpha)}$$

Bey einem von Belidor gebrauchten Schaufelwerk war $v = 6''$; $d = 1\frac{1}{17}$ Zoll; $\delta = v = 6''$. Die vorstehende Formel gäbe für diesen Fall nur $\delta = 5{,}2''$. Diese Abweichung ist indessen auf den Werth von $\frac{\delta}{d+\delta} \cdot (v - \frac{1}{3} \text{ tang. } \alpha \cdot \delta)$, folglich auch auf den Werth von M keinen bedeutenden Einfluß Bey kleineren Werthen von v kommt der hier LXXXII. berechnete Werth von δ dem von v noch näher, und viel größere als den $v = 6''$ hat man nie nöthig. Selbst wo der Werth von δ (LXXXII.) wirklich M um etwas merkliches größer gäbe als der $\delta = v$, wird doch die Wirkung der Maschine dadurch nicht vergrößert, weil mit merklicher Vergrößerung von M auch verhältnißmäßig größere Last verbunden ist, also die Arbeiter um soviel langsamer arbeiten oder in größerer Anzahl angestellt werden müssen. Unter denselben Bedingungen erhält man aber auch dasselbe,

wenn man $\delta = v$ nimmt; und nun β nach LXXXI. berechnet, die sich dann in folgende verwandelt

LXXXIII. $$\beta = \frac{R \,.\, (v + d) \,.\, M}{2{,}76 \,.\, r \,.\, v^2 \,.\, (1 - \frac{1}{3} \text{tang.}\, \alpha)}$$

Man kann daher in allen Fällen die Belidorsche Regel (§. 109. am Anf.) beybehalten, und dieses um so mehr, weil man damit zur Erleichterung und zum besseren und steteren Gange der Maschine auch eine geringere Anzahl von Schaufeln erhält. Hierzu kommt noch, daß das Einfallen der Schaufeln zwischen den Stäben der beiden Wellen weit ordnungsmäßiger erfolgt, wenn die Länge der Schaufeln (also die Breite der Rinne) grösser als ihre Höhe ist.

Was daher Karsten im Lehrbegr. der gesammten Math. VI. Th. §. 556. und 557. von Verbindung des vortheilhaftesten Neigungswinkels α mit dem vortheilhaftesten Abstande der Schaufeln δ vorträgt, wonach er $\alpha = 56° 18'$ und $\delta = \frac{1}{3} v$ findet, ist für die Ausübung ohne allen Nutzen, und sogar unrichtig. Soll nämlich der von ihm hiermit bezweckte **größte Effekt** des Schaufelwerks darin bestehen, daß es zur Aufförderung einer bestimmten Wassermenge in einer bestimmten Zeit die kleinst mögliche Kraft nöthig hat, so ist aus dem bisherigen klar, daß dieser Zweck dadurch nicht erreicht wird, weil die Berechnungen auf die Veränderung der Last gar keine Rücksicht nehmen. Soll aber, wie sich aus dem Zusammenhange schliesen läßt, der **größtmögliche Effekt** des Schaufelwerks darin bestehen, durch solches überhaupt, wenn auch gleich mit einer

gröſſeren Anzahl von Arbeitern (die in manchen Nothfällen nicht geachtet wird), bey einer festgesetzten Geschwindigkeit die gröſstmögliche Wassermenge auf eine bestimmte Höhe zu fördern, so ist aus §. 111. klar, daß bey jeder Stellung der Schaufeln in blos theoretischer Hinsicht in einer bestimmten Zeit auf eine bestimmte Höhe desto mehr Wasser ausgegossen werden müsse, je kleiner α genommen wird, und daß man nur mit Rücksicht auf gewisse Umstände in der Ausübung etwa bis zu $\alpha = 24°$ gehen könne, wozu dann aber $\delta = \frac{1}{3} v$ auch nach reiner Theorie nicht mehr paßt, sondern der Werth von δ nach LXXXII. besonders bestimmt werden müßte, daß also zur Bewirkung des gröſstmöglichen Effekts in diesem letzteren Sinne die von Karsten gefundenen Werthe von α und δ sogar gegen den Zweck sind.

§. 115.

Die Verasche Seil- oder Strickmaschine ist bis jetzt beym Brückenbau noch gar nicht in Anwendung gekommen. Ihre Einrichtung ist folgende:

a b e f (Fig. 59.) ist der lothrechte Durchschnitt eines in ein Wasserbehältniß A B eingesetzten parallelepipedischen hölzernen Kanals, dessen 4 Seitenwände aus Brettern zusammengesetzt werden. Die vordere Wandfläche des Kanals, welche zur Verdeckung des Flächenraums a b f e angebracht wird, kann auch von f e bis an den Boden oder Scheidwand d c weg bleiben, und oberhalb d, c als eine

Thüre eingerichtet werden, die sich nach Belieben öffnen läßt.

In diesem Kanale werden in einer lothrechten Ebene zwey viereckte eiserne Axen, wie g h und i k mit 4 — 5 — 6 oder mehreren Rollen eingelegt. Die Axen laufen durch die Mitte von der Breite der Seitenwände, wie man bey m und n Fig. 60. sieht.

Die untere Axe hat bey g und h feste Lager, aber die obere geht an beyden Enden durch Spalten in den Seitenwänden durch (Fig. 63. zeigt eine solche schmale von oben herab laufende Spalte bey α β), und liegen in beweglichen d. h. nach oben und nach unten vorschiebbaren Leisten auf, welche an die Spalten auf den Seitenwänden angelegt und 3 — 4 Zolle breiter als die Spalten sind.

Diese verschiebbaren Leisten, welche zu beyden Seiten der Spalte, wegen ihrer grösseren Breite, auf den Seitenwänden aufliegen, werden in ihrer jedesmaligen Stellung mittelst durchgesteckter Schrauben fest erhalten. Man sieht diese Schrauben bey α, β Fig. 59.; die Schraubenköpfe fallen innerhalb den Kanal, die Muttern ausserhalb. Der Schraubenkopf ist breiter als die Spalte; es läßt sich also der deßhalb an die innere Fläche der Seitenwand sich noch zum Theil anlegende Schraubenkopf durch Umdrehung der an die äussere Fläche der Leiste sich anlegenden Mutter so stark anziehen als nöthig ist, der hiermit an die äussere Wandfläche angepreßten Leiste eine hinlänglich feste Lage zu geben.

Diese Einrichtung, wodurch die Axe i k etwas höher oder tiefer gestellt werden kann, ist nöthig, um die über die oberen und unteren Rollen laufenden Stricke lockerer oder straffer hängen zu lassen.

Die Rollen können wie Fig. 61. gestaltet seyn, nämlich in der Mitte dicker als im übrigen Theile, damit sie einigen Abstand von einander behalten; sie haben für die in parallelepipedischer Form durchgehenden Axen viereckte Löcher, daß sie also zugleich mit den Axen herumlaufen; die Enden laufen cylindrisch durch Buchsen, mit welchen die Löcher der Seitenwände gefüttert sind, werden aber ausserhalb dem Kanale wieder parallelepipedisch und gehen in dieser Form durch die äussere Rolle bey k durch. Ueber jedes Paar lothrecht über einander liegender Rollen läuft ein ungepichtes lockeres ganz aufgedrehtes Seil ohne Ende; über die äusseren Rollen bey p und k wird gleichfalls ein Seil ohne Ende gelegt, damit auf solche Weise durch Umdrehung der Kurbeln die Strickrollen in schnelle Umlaufsbewegung gesetzt werden.

Beym Umlaufe der Rollen hängt sich das Wasser an die Stricke in Form einer cylindrischen Wand an, und wird mit dem schnell aufsteigenden Seilstücke aufwärts gezogen. Es muß also nur noch dafür gesorgt werden, daß das eingesogene und ringsum anhängende Wasser zu oberst ausgedrückt und abgestreift werde. Zu dem Ende wird ein abhängiger Boden, wie γ δ (Fig. 60.) nahe unter den oberen Rollen angebracht, und über dem untersten Rande dieses Bodens 2 oder

mehrere Abflußröhren. Für jedes aufsteigende Seilstück s ist der Boden bey y weit genug durchbohrt, daß das Seil mit dem anhängenden Wasser ohne Abstreifung durchkommen kann; für jedes niedergehende ζ ist der Boden γ δ in μ durchbohrt, und in diese Oeffnung eine blechene konische Röhre eingesetzt (wogegen die bey y cylindrisch ist), deren obere Oeffnung enge genug ist, daß das niedergehende Seilstück nicht durchkommen kann, ohne sein Wasser abzustreifen und auszudrücken. Doch darf es nicht merklich gezwängt durchgehen. Die konische Röhre μ muß übrigens zu oberst mit einem runden Kranze versehen seyn, damit das Seil nichts vom scharfen Rande leide. Soll diese Maschine gute Dienste leisten, so müssen die unteren Rollen mit ihrem oberen Rande wenigstens so tief unter Wasser liegen, als die Hälfte des Wegs ausmacht, welchen ein Strick in einer Sek. durchlauft. Die Geschwindigkeit der Stricke sollte aber wenigstens 2 Fuß betragen, und mit Rücksicht auf die Förderungshöhe H (die Höhe des Bodens γδ über dem Wasserspiegel) halten wir es für gut, die Geschwindigkeit der Stricke nicht kleiner als $2 + \sqrt{\frac{1}{8} H}$ zu nehmen, welches sich durch die Abmessungen der inneren und äusseren Rollen leicht bewerkstelligen läßt.

§. 116.

Die gemeine Pumpe (Plumpe, Saugwerk, Saugpumpe) besteht aus zusammengesetzten Röhren mit einem gehörig angebrachten Ven-

tile (Klappe) und einem in einer Röhre auf und nieder spielenden Kolben.

Das Röhrenstück, worin der Kolben spielt, heißt der Stiefel oder das Kolbenrohr; das darunter befindliche, welches mit einer Klappe bedeckt ist, das Stöckelkiel, und das mit diesem noch verbundene ein Ansteckkiel oder Kielstück. Stöckelkiel und Kielstück machen zusammen die Saugröhre aus. In Fig. 65. ist a b der Stiefel, c d das Stöckelkiel mit der aufliegenden Klappe c, und e f ein Ansteckkiel.

§. 117.

Der Stiefel kann aus Eisen, Messing oder auch irgend einer Mischung von Metallen gegossen werden. Zur Verminderung der Kosten bedient man sich besonders der eisernen, welche dann nach dem Gusse noch einmal nachgebohrt werden. Wo man der Pumpen nur auf eine kurze Zeit bedarf, leisten auch hölzerne Stiefel, besonders die aus Buchenstämmen gebohrten recht gute Dienste; sie dauern 6 — 8 und mehrere Jahre, ohne untauglich zu werden. Will man etwas grössere Kosten darauf verwenden, so kann man dergleichen buchene Stiefel mit gegossenen dünnen messingenen oder mit kupfernen nur aus Kupferblech durch Löthen verfertigten Röhren füttern, wie man bey v w (Fig. 65.) sieht. Zu oberst, bey α Fig. 66., wird eine Ausgußrinne eingelegt; unterhalb der tiefsten Kolbenstelle wird ein Spunden m (Fig. 65.) angebracht, um von Zeit zu Zeit

die Klappe reinigen, auch selbst eine neue Klappe auflegen zu können.

§. 118.

Der Durchmesser des Stiefels darf für die Kräfte der anzustellenden Arbeiter nicht zu groß angenommen werden, und hängt in dieser Hinsicht von der Höhe der Verdammung ab, über welche das Wasser erhoben werden muß. Er kann daher 5 — 12 Zolle betragen. Fig. 67. zeigt den lothrechten Durchschnitt eines von Buchenholz abgedrehten Kolbens, welcher am dünneren Theile ringsum mit einem Riemen von gutem Sohlenleder beschlagen d. i. verliedert wird, wie m n Fig. 67. In der Mitte ist er der Länge nach durchbohrt, und dieser Durchgang oben mit einer scheibenförmigen Klappe bedeckt, welche eine zwischen zweyen eisernen Scheiben festgeschrobene lederne Scheibe ist, die an einem Theile ihres Umfangs, bey b Fig. 68., noch etwas hervorspringt. Dieser hervorspringende Theil wird auf dem oberen Rande des Kolbens festgenagelt, und bildet auf solche Art, wegen der Beugsamkeit des Leders eine Art von Gewerbe, so daß sich die Klappe beim Niedergange des Kolbens leicht hebt und beim Aufgange sogleich wieder zurückfällt. Von oben betrachtet erscheint daher die Klappe wie Fig. 68. Ihren Durchschnitt zeigt Fig. 69. Der Durchmesser der oberen eisernen Scheibe muß grösser seyn, als der der Kolbenöffnung; der Durchmesser der unteren aber kleiner, damit diese ganz in die Oeffnung hineinfalle. Dieselbe Bewandniß hat es auch mit der Saugrohrklap-

pe c (Fig. 65.). Ausserdem sieht man noch Fig. 67. das eiserne Gehänge, welches durch den Kolben durchgeht, oben auf demselben aufsitzt, und unten durch vorgeschrobene Muttern scharf angezogen wird. Die obere Oeffnung im Gehänge dient zum Einschieben zwischen zwey durchlochte Backen eines Scheereisens, womit das untere Ende der Kolbenstange beschlagen ist. Die Verbindung des Kolbens mit dem Scheereisen geschieht durch einen durch die genau zusammenfallenden Oeffnungen des Gehänges und des Scheereisens durchgesteckten Polzen, an dessen anderem Ende eine Mutter vorgeschroben wird.

§. 119.

Bey vollkommener Einrichtung eines Saugwerks muß darauf gesehen werden, daß die Saugröhre in Bezug auf die Weite des Stiefels, auf die Höhe vom Wasserspiegel bis zum höchsten Kolbenstand und auf die Geschwindigkeit des Kolbens weit genug sey. Hier dürfen wir allgemein annehmen, daß die Geschwindigkeit des Kolbens nie über 1 Fuß betrage. Die Länge der Saugröhre kann von ihrer lothrechten Höhe über dem Wasserspiegel sehr verschieden seyn, weil die Saugröhre tief unter dem Wasserspiegel eingreifen, ausserdem aber auch durch Leitung nach der Seite und Verbindung mit andern Röhren bis zu einem mehrere hundert Fuße entfernten Wasserbehältnisse, aus welchem das Wasser durch den entfernten Pumpenstiefel aufgefördert werden soll, fortgeführt seyn kann. Ein so bedeutender Unterschied zwischen der Länge der Saugröhre, von ihrer unteren Mün-

dung

dung bis zu ihrer Klappe gemessen, und der lothrechten Höhe ihrer Klappe über dem Wasserspiegel im Behältnisse hat nun allerdings auf den Effekt der Pumpe einen sehr bedeutenden Einfluß. Hier ist aber wiederum die allgemeine Voraussetzung gestattet, daß die erwähnte Länge höchstens dreymal so groß als die erwähnte lothrechte Höhe sey.

Wenn nun ß die beyläufig kleinste Barometerhöhe an der Stelle ist, wo eine Pumpe vorgerichtet werden soll, d den Durchmesser der Säugröhre und D den des Stiefels bezeichnet, v aber die Gränze der lothrechten Höhe des höchsten Kolbenstandes über dem Wasserspiegel ist, bis zu welcher die Pumpe immer noch ihre vollkommene Einrichtung behält, so kann man mit Uebergehung hier eingreifender schwieriger Theorien folgende für die Ausübung völlig zulängliche Bestimmung zum Grunde legen, wofern die obigen beyden Voraussetzungen, wie solches beym Brückenbau allemal der Fall seyn wird, wirklich statt finden, und d wenigstens nicht kleiner als $\frac{1}{3}$D genommen wird.

LXXXIV. $v = (\frac{1}{3} + \frac{d^2}{6 \cdot D^2}) \cdot 14 \cdot ß.$

Uebrigens kann die Saugröhre, wenn sie auch etwa auf die Länge von 1 oder $1\frac{1}{2}$ Fuß von oben herab nur die Weite von $\frac{1}{3}$D hätte, doch tiefer abwärts weiter gebohrt seyn.

Auch gereicht es zur Vervollkommnung des Saugwerks, wenn man unter dem Wasserspiegel oder doch nahe über ihm noch eine zweyte Klappe in der Saug-

röhre anbringt; sie dient bey jedesmaligem neuen Anfangen des Pumpens das Wasser schneller zum Ausgusse zu bringen.

§. 120.

Bey den Vorschriften des vor. §. setzt das Wasser, welches auf die Höhe H über den Wasserspiegel erhoben werden soll (wobey die Höhe des Wassers im Stiefel über der Ausgußrinne mit in Rechnung kommen muß), der Bewegung des Kolbens einen Widerstand entgegen, welcher genau genug dem Gewicht einer Wassersäule H . W gleich gesetzt werden kann, unter W die Weite des Stiefels 0,785 . D² verstanden. Hierzu kommt noch die Kolbenreibung. Bey der Unmöglichkeit, diese mit einiger Genauigkeit zu bestimmen, wollen wir statt der Höhe H die $\frac{14\beta + h}{12\,D} + H$ in Rechnung bringen, wo h die Höhe des Wassers im Stiefel über dem mittleren Kolbenstande bezeichnet, wo dann die Reibung nicht weiter in Rechnung kommt.

Bezeichnen wir nun, wie §. 112., die an der Kolbenstange wirkende Kraft mit F, die Geschw. des Kolbens mit C, und die in 1 Sek. während dem Aufgange des Kolbens erhobene Wassermenge mit M, so hat man

LXXXV. $\left(\frac{14\beta + h}{12\,.\,D} + H\right)\,.\,M = F\,.\,C.$

Der Pumpenschwengel, an welchem die Arbeiter in einer bestimmten Entfernung R von der Umdrehungsaxe angreifen, muß an dieser Stelle mit einer querlaufenden Druckstange versehen seyn, damit sie

alle mit gleicher Geschwindigkeit niederdrucken. Hier setze ich nun, wegen der verschiedenen Wirkungsweise, statt LXXIV.,

$$pc = 0{,}9 \begin{cases} \text{nämlich } p = 0{,}4 \text{ Kub. Fuß Wasser} \\ c = 2{,}25'. \end{cases}$$

Die Länge des Hebelarms, an welchem die Kolbenstange hängt, sey $= r$, so ist $C = \frac{r}{R} . c = \frac{2{,}25 . r}{R}$; ferner $F = \frac{R}{r} . N . 0{,}4$; also, aus LXXXV.,

$$\left(\frac{14\,\beta + h}{12 . D} + H\right) . M = 0{,}9 . N$$

Da aber die Pumpen selten vollen Hub Wasser liefern, so dürfen wir in dieser Hinsicht nicht über $\frac{1}{2}$ dieses Effekts für die Hebungszeit beibehalten, und weil wir wegen der zum Niedergange des Kolbens erforderlichen Zeit $\frac{1}{3}$ der Arbeitszeit als verlohren anzusehen haben, so können wir überhaupt nur $\frac{2}{3} . \frac{5}{6}$ oder $\frac{10}{18}$ vom gefundenen Effekt beibehalten; dieses giebt $\frac{10}{18} . 0{,}9 . N = 0{,}5 . N$, also, indem wir die wirkliche Ausgußmenge für jede Sek. mit M bezeichnen,

LXXXVI. $$\left(\frac{14 . \beta + h}{12\,D} + H\right) . M = 0{,}5 . N$$

oder auch

LXXXVII. $$M\,H = 0{,}5 . N - \frac{14 . \beta + h}{12 . D} . M$$

Daher auch

LXXXVIII.
$$\begin{cases} N = 2\,M\left(H + \frac{14\,\beta + h}{12\,D}\right) \\ M = \frac{N}{2 . \left(H + \frac{14\,\beta + h}{12\,D}\right)} \end{cases}$$

Eine Vergleichung mit **LXXIX. Nro.** 2. zeigt, daß der Effekt eines Schaufelwerks beiläufig um ein Drittheil grösser ist, als der einer Pumpe, welches auch jeder aufmerksame Beobachter der Erfahrung gemäß finden wird. Uebrigens müssen wir noch bemerken, daß es bey bedeutenden Brückenanlagen sehr wohl der Mühe werth ist, ein unterschlächtiges Rad in den Strohm zu hängen, und durch solches die Pumpen betreiben zu lassen.

§. 121.

Noch eine hierher gehörige Wasserhebungsmaschine ist das Scheiben-Paternosterwerk, welches seiner Natur nach als ein Mittelding zwischen dem Schaufelwerk und dem Saugwerk anzusehen ist. Es bedarf keiner besonderen Zeichnung, indem es sich vom Schaufelwerk nur darin unterscheidet, daß man statt der rektangelförmigen Bretter scheibenförmige Platten, am besten von starkem Eisenblech gebraucht, und statt der schief gestellten Rinne eine lothrechte Röhre, durch welche die Scheiben ganz willig durchgehen, so daß zwischen dem Umfange der Scheiben und der Röhrenwand ohne Schaden ein kleiner Zwischenraum von $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ Linie und noch mehr statt finden kann, wenn nur dafür gesorgt wird, daß viele Scheiben zugleich durch die Röhre laufen, wenigstens nicht unter 4. Man kann aber bey hinlänglicher Höhe der Steigröhre 8 — 10 — 15 und mehr Scheiben zu gleicher Zeit durch dieselbe laufen lassen, indem auch bey den bedeutendsten Höhen, für welche diese Maschine ge-

braucht wird, die Scheiben nicht über 3 Fuß weit von einander abzustehen brauchen. Uebrigens ist bey dieser Maschine die untere Welle entbehrlich. Wird die Röhre auf eine Dihle oder ein Balkenstück aufgesetzt, so darf man ihr nur am unteren Ende zum ungehinderten Eintritt der Scheiben einen hinlänglichen Ausschnitt geben. Man kann sie in ein eigenes Gestelle, das sich bequem von Ort zu Ort bringen läßt befestigen. Dieses Gestelle kann aus dreien nicht sehr starken lothrechten Pfosten, deren Endpunkte ein gleichseitiges oder auch gleichschenklichtes Dreieck bilden, und welche durch Riegelhölzer mit einander verbunden werden. Zwischen 2 von diesen Pfosten wird die Welle mit ihren horizontalen Stäben eingelegt. Das prismatische Gestelle selbst kann auf der Baustelle an vorgerichtete Balken durch blose Klammern befestigt werden.

§. 122.

Hölzerne Scheiben taugen nichts; messingene sind unnöthig, weil eiserne ihre Stelle vollkommen ersetzen und um so vieles wohlfeiler sind. Die Verliederung der Scheiben, welche französische Ingenieurs bey ihren Maschinen gebraucht und darum auch die teutschen häufig beibehalten haben, beruht nach meiner Einsicht auf blosem Mangel an hinlänglicher Prüfung dieser Maschine. Die Reibung, welche die Verliederung verursacht, erschöpft einen bedeutenden Theil der angewendeten Kraft. Die Schriftsteller lehren irrig, daß diese Liederung nöthig sey, um die Mitwirkung des atmosphärischen Drucks wie bey den

Saugröhren der Pumpen benutzen zu können. Sie glauben, ohne solche würde das Wasser aus dem Behältnisse, worin die Maschine steht, nur so hoch in die Röhre hinauf steigen, als der Höhe des Wasserspiegels gemäß wäre; läge also der Wasserspiegel z. B. nur 20 Zolle hoch über der unteren Röhrenöffnung, und ständen die Scheiben 30 Zolle weit von einander ab, so würden sämmtliche Kammern (jeder Zwischenraum zwischen zwey Scheiben) nur höchstens 20 Zolle hoch mit Wasser angefüllt. Auch Wiebeking ist in seiner Anleit. zur Wasserbauk. dieser Meinung, und selbst Karsten im VI. Bde. seines Lehrbegr. der ges. Mathem. S. 161. u. f. Zwar steigt das äussere Wasser vor dem ersten Anlassen der Maschine in der Röhre nur bis zur Höhe des äusseren Wasserspiegels. Sobald aber die Maschine angelassen wird und nun die erste äussere Scheibe in die Röhre tritt, die z. B. im obigen Falle 20 Zoll hoch Wasser in der Röhre über sich findet, läßt solche beim Aufsteigen keine Luft unter sich zurück, wie die vorangegangene; indem sie also mit der über ihr stehenden Wassermasse aufwärts steigt, erfolgt unter ihr ein leerer Raum, in welchen das umher stehende Wasser nicht nur vermöge seiner Schwere sondern auch vermöge des atmosph. Drucks hinauf getrieben wird; und so verhält es sich mit allen nachfolgenden Scheiben. Die Scheibenröhre hat also sogar noch den Vorzug vor der Saugröhre der Pumpe, daß sie sogleich beim ersten Anlassen der Maschine schon eine torricellische Leere giebt.

Der Spielraum zwiſchen dem Umfange der Scheiben und der Röhrenwand hat dabey allerdings den Erfolg, daß die mit der 20 Zoll hohen Waſſerſäule aufſteigende erſte Scheibe nothwendig einiges Waſſer zurückfallen läßt, weil dieſe Waſſerſäule auch von oben herab dem Druck der Atmoſphäre ausgeſetzt iſt.

Dieſe Kammer wird alſo während dem Aufſteigen nicht 20'' hoch mit Waſſer angefüllt bleiben, ſondern nach und nach bis zur Erreichung des Ausguſſes immer mehr abnehmen. Aber alle tiefer liegende Kammern müſſen nothwendig ganz mit Waſſer ausgefüllt bleiben, weil der atmoſph. Druck keine Entſtehung einer Leere zuläßt. Dieſes gilt nämlich von jeder nachfolgenden Kammer ſo lange, bis ihr Waſſer die obere Röhrenmündung erreicht. Von dieſem Augenblicke an iſt ihr Waſſer dem Druck der Atmoſphäre von oben herab ausgeſetzt, ſo lang die ihr als Boden dienende Scheibe Zeit braucht, ſich vollends bis zur oberen Rohrenmündung zu erheben. Wegen dieſes Drucks verliert jede Kammer *nur zuoberſt* während ſie der freien Atmoſphäre ausgeſetzt iſt, einen Theil ihres Waſſers, welcher durch die Spielräume zurückgepreßt wird. Eben darum kann auch das Ausgieſen, welches nach der Vorſtellung jener Schriftſteller von Kammer zu Kammer unterbrochen werden müßte, nicht abgebrochen erfolgen, ſondern es muß unausgeſetzt ſtetig fortdauern, wie ſolches auch dergleichen Maſchinen mit Scheiben ohne Verliederung bey merklichen Spielräumen beſtättigen.

Digitized by Google

§. 123.

Bezeichnen wir die ganze Förderungshöhe über dem unteren Wasserspiegel wie bisher mit H, die Barometerhöhe mit β, die Entfernung der Scheiben von einander mit δ, so ist der Druck, welcher den Wasserverlust bey jeder obersten (d. h. zu oberst ankommenden) Kammer während ihrer Ausleerung verursacht, dem Druck einer Wassersäule von der Höhe $14 . \beta - (14 . \beta - H)$ gleich, also von der Höhe H.

Ist nun

die ganze Röhrenlänge	$= \lambda$
die Anzahl der Scheiben innerhalb der Röhre	$= n$
die Weite der Röhre	$= w$
die Grösse des Spielraums für jede Scheibe	$= \varepsilon$

so bleibt die Frage zu beantworten:

Wie viel Wasser wird in jeder Sekunde durch eine Röhre von der Länge λ bey einer gegebenen Wasserhöhe H abfliesen, wenn die Röhre n Schiedwände mit einer Durchflußöffnung hat, welche $= \sigma$ ist?

Die Höhe, welche der Geschwindigkeit zugehört, mit welcher das Wasser in der obersten Kammer in der Weite w zurückfällt, sey $= v$, so ist

$$\text{LXXXIX.} \quad v = \frac{H}{1 + \mathfrak{A} + \mathfrak{B}}$$

und wenn γ den Bruch bezeichnet, mit welchem eine Oeffnung multiplicirt werden muß, um den ganzen

Querſchnitt des durch eine ſolche Oeffnung durchfließenden Waſſers auszudrucken, ſo hat man

$$\text{XC.}\quad \mathfrak{A} = 0{,}025 \,.\, \frac{\lambda}{d} \Big\}$$ wo d der zur Kreisfläche w gehörige Durchmeſſer iſt.

$$\mathfrak{B} = \frac{w^2 - \gamma^2 w^2}{\gamma^2 w^2} + n \,.\, \left(\left(\frac{w}{\gamma\, \sigma} \right)^2 - 1 \right)$$

wo aber im erſten Gliede die Zuſammenziehung des Waſſers wegfällt oder $\gamma = 1$ geſetzt werden muß. Alſo

$$\text{XCI.}\quad \mathfrak{B} = n \,.\, \left(\frac{w^2}{\gamma^2\, \sigma^2} - 1 \right).$$

Hier kann man $\gamma^2 = \frac{1}{2}$ ſetzen, alſo

$$\text{XCI.}\quad \mathfrak{B} = n \,.\, \left(\frac{2\, w^2}{\sigma^2} - 1 \right)$$

und nunmehr aus LXXXIX.

$$\text{XCII.}\quad v = \frac{H}{1 + 0{,}025 \,.\, \frac{\lambda}{d} + \frac{2\, n\, w^2}{\sigma^2} - n}.$$

Weil aber die Summe des 1ten, 2ten und 4ten Gliedes im Nenner, in Vergleichung mit dem dritten hier allemal ſehr klein iſt, ſo ſetzen wir zur Abkürzung

$$\text{XCIII.}\quad v = \frac{\sigma^2 \,.\, H}{2\, n \,.\, w^2}.$$

Die in jeder Sek. zurückfließende Waſſermenge ſey $= m$, ſo hat man nunmehr

$$m = \left(2 \,.\, \frac{\sigma}{w} \,.\, \sqrt{\frac{g\, H}{2\, n}} \right) : w$$

oder

$$\text{XCIV.}\quad m = \sigma \cdot \sqrt{\frac{2gH}{n}} \text{ *)}$$

wo in Bezug auf rhl. Fuße $g = 15{,}6$ ist.

Man ersieht hieraus, daß die Anzahl der Scheiben auf den Effekt einen bedeutenden Einfluß hat, wenn die Scheiben nicht verliedert sind und einigen Spielraum (σ) erhalten, und daß der Wasserverlust durch die Vergrößerung von n, wenn nur $\frac{\sigma}{w}$ klein genug ist, sehr unbedeutend, also dieser Nachtheil für den Effekt viel kleiner gemacht werden kann, als der Nachtheil ist welchen die von einer Verliederung herrührende Reibung verursacht. Doch hat der Werth von n auch seine Beschränkung.

---

*) Vollständig wäre eigentlich

$$m = 2w \cdot \sqrt{\frac{gH}{1 + 0{,}025 \cdot \frac{\lambda}{d} + \frac{2nw^2}{\sigma^2} - n}}.$$

Wäre nur eine Scheibe vorhanden, also $n = 1$, so würde hiernach $m = 2w \cdot \sqrt{\frac{gH}{0{,}025 \cdot \frac{\lambda}{d} + \frac{2w^2}{\sigma^2}}}$,

also auch noch jetzt genau genug $m = 2w \cdot \sqrt{\frac{gH}{\frac{2w^2}{\sigma^2}}}$

$= 2\sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{2}gH}$ oder $= 2\sigma \cdot \sqrt{\gamma^2 \cdot gH}$.

Fände keine Zusammenziehung des Strahls statt, so wäre $\gamma^2 = 1$, also $m = 2\sigma \cdot \sqrt{gH}$, wie sich gehört. Wäre $n = 0$, so gäbe die allgemeine vollständige Gleichung $m = 2w \cdot \sqrt{\frac{gH}{1 + 0{,}025 \cdot \frac{\lambda}{d}}}$,

wie es wiederum seyn muß.

Ex. Es sey $H = 12'$, $n = 9$, $d = \frac{5}{12}'$, also $w = 0{,}136$ Q. Fuß; die Breite des Spielraums $= \frac{1}{6}$ Linie $= \frac{1}{864}'' = \frac{1}{288}'$, also $\sigma = 0{,}00444$ Q. F., so wird $m = 0{,}00444 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 15{,}6 \cdot 12}{9}}$
$= 0{,}00148 \cdot \sqrt{374{,}4} = 0{,}0286$ K. Fuß.

Gäbe man auch den Scheiben einen Spielraum von der Breite einer ganzen Linie, so wäre der daher rührende Wasserverlust für jede Sekunde doch nur $= 0{,}057$ K. Fuß, und es würde daher auch dann noch die Einrichtung mit unverliederten Scheiben den Vorzug verdienen. Man muß hierbey zugleich erwägen, daß außer der hinzukommenden bedeutenden Reibung auch die Last des Wassers wegen der vergrößerten Grundfläche der Scheiben vergrößert wird.

§. 124.

Es sey die Geschwindigkeit der Scheiben C, der kubische Inhalt des zu einer Scheibe gehörigen Kettenstücks $= y \cdot w$ die Dicke einer Scheibe $= \varepsilon$.

Die Entfernung der Scheiben von einander $= \delta$, so giesen in jeder Sekunde $\frac{C}{\delta + \varepsilon}$ Kammern ihr Wasser aus. Jede Kammer erhebt eine Wassermenge $= (\delta - y) \cdot (w - \sigma)$; hiernach wird also in jeder Sek. eine Wassermenge

XCIV.* $$M = \frac{C}{\delta + \varepsilon} \cdot (\delta - y) \cdot (w - \sigma)$$

bis zur höchsten Stelle erhoben; hiervon geht aber zu oberst in jeder Sek. eine Wassermenge $= m$ ver-

lohren; ist also M die in jeder Sek. ausgegossene Wassermenge, so hat man

$$\text{XCV. } \mathfrak{M} = \frac{C}{\delta + \varepsilon} \cdot (\delta - y) \cdot (w - \sigma) - \sigma \cdot \sqrt{\frac{2gH}{n}}$$

Statt n kann man auch $\frac{\lambda}{\delta + \varepsilon}$ schreiben, wo λ die ganze Röhrenlänge ist; dieses giebt

$$\text{XCVI. } \mathfrak{M} = \frac{C}{\delta + \varepsilon} \cdot (\delta - y) \cdot (w - \sigma) - \sigma \cdot \sqrt{\frac{2gH \cdot (\delta + \varepsilon}{\lambda}}$$

§. 124. *

Wenn die ganze Röhrenlänge λ, die Förderungshöhe H und die Röhrenweite w gegeben sind, so giebt es für eine vorgeschriebene Geschwindigkeit der Scheiben C allemal eine Entfernung der Scheiben von einander oder einen Werth von δ, welcher für eine bestimmte Zeit die größtmögliche Wassermenge liefert. Setzen wir zur Abkürzung

$$\delta - y = \varphi \cdot \delta; \quad C \cdot (w - \sigma) \cdot \varphi = a;$$
$$\sigma \cdot \sqrt{\frac{2gH}{\lambda}} = b;$$

so ist

$$\mathfrak{M} = \frac{a \cdot \delta}{\delta + \varepsilon} - b \cdot \sqrt{(\delta + \varepsilon)}$$

oder, wenn wir $\delta + \varepsilon = x$ setzen,

$$\mathfrak{M} = \frac{a(x - \varepsilon)}{x} - b\sqrt{x}$$

Die Differentiirung giebt für das Maximum

$$\frac{a\ e}{x^2} - \frac{b}{\sqrt{x}} = 0$$

Daher

$$x = \sqrt[3]{\frac{a_0\ e_0}{b^2}}$$

und

$$\text{XCVII.}\quad \delta = \sqrt[3]{\frac{a_0\ e_0}{b_0}} - e$$

Ex. Es sey $C = 3'$, $w = 0{,}136$ Q. Fuß; $\sigma = 0{,}004$ Q. F.; $\varphi = 0{,}96$; $\lambda = 14'$; $H = 12'$, $e = \frac{1}{36}$ *), so findet man $a = 3{,}8$; $a^2 = 14{,}44$; $e^2 = \frac{1}{1296}$; $a^2\ e^2 = 0{,}01114$; $b = 0{,}02266$; $b^2 = 0{,}000513$; also

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{1114}{51}} - \frac{1}{36} = 2{,}8' = 33{,}6''$$

Die Zahl n ist in diesem Falle sehr nahe $= 5$. Um nun immerhin 5 Scheiben in der Röhre zu haben, könnte man $\delta = 32''$ nehmen.

Wo es also darum zu thun ist, mit einer solchen Maschine die größtmögliche Wassermenge bey einer bestimmten Geschw. auszuheben, da giebt die Formel XCVII. den erforderlichen Abstand der Scheiben von einander. Eine nähere Zusammenstellung der Scheiben würde zwar den Wasserverlust in der oberen Kammer noch mehr vermindern, nicht aber den mit der öfteren Folge der Scheiben, welche statt Wassers aufsteigen, verbundenen Abgang an Wasserförderung ersetzen, insofern wir uns darauf verlas-

*) Diese Dicke ist für eiserne Scheiben hinlänglich; nur gebe man ihnen ringsum einen etwa $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Rand.

sen können, daß σ nicht über 0,004 Q. F. betrage. Ueberhaupt wird aber der Werth von M nicht merklich abgeändert, wenn man auch δ um den 4ten Theil kleiner machte, als nach XCVII. geschehen sollte. S. die Anm. zum folg. §.

§. 125.

Aus denselben Betrachtungen, wie §. 112., erhalten wir auch hier

$$M \,.\, H = \frac{34{,}5}{33} \,.\, N - 3{,}45 \,.\, \frac{r}{R} \,.\, \varphi$$

Hier ist aber die Reibung geringer, und wir setzen daher statt LXXV. hier

XCVIII. $M\,H = 0{,}75 \,.\, N$ oder auch $(M + m) \,.\, H$
$= 0{,}75 \,.\, N$

also

XCIX. $$N = \frac{4 \,.\, M\,H}{3} = \frac{4 \,.\, (M + m)\,H}{3}$$

$$M = \frac{0{,}75 \,.\, N}{H} \text{ und } \mathfrak{M} = \frac{0{,}75 \,.\, N}{H} - m$$

Substituiren wir den Werth von M aus XCVI., so erhalten wir

C. $$N = \frac{4\,H}{3} \,.\, \frac{C}{\delta + \varepsilon} \,.\, (\delta - y) \,.\, (w - \sigma)$$

Hieraus erhält man auch

CII.
$$\begin{cases} 1.)\ w = \dfrac{3\,N \,.\, (\delta + \varepsilon)}{4\,H \,.\, C \,.\, (\delta - y)} + \sigma \\ \text{oder auch, wegen XCIX., wo } \dfrac{3\,N}{4\,H} \\ = \mathfrak{M} + m = M \text{ ist,} \\ 2.)\ w = \dfrac{(\mathfrak{M} + m) \,.\, (\delta + \varepsilon)}{C \,.\, (\delta - y)} + \sigma \\ = \dfrac{M \,.\, (\delta + \varepsilon)}{C \,.\, (\delta - y)} + \sigma \end{cases}$$

Substituiren wir $\frac{r}{R}$ 1,57 . c statt C (§. 112.), so erhalten wir

$$\text{CIII.}\quad w = \frac{M R . (\delta + \varepsilon)}{1{,}57 . r . (\delta - y) . c} + \sigma$$

wo wir, wie §. 112., c = 2,2 rhl. Fuß setzen können, welches für den Kurbelgriff die Geschw. 1,57 . c = 3,45′ giebt.

Den Werth von C in CII. kann man vorschreiben; man nimmt ihn zwischen 3 und 5 rhl. Fuß; daraus giebt sich dann $\frac{r}{R} = \frac{C}{3{,}45}$; den Werth von δ nehme man so, daß $\frac{\lambda}{\delta + \varepsilon}$ wenigstens = 6, also δ höchstens = $\frac{\lambda}{6} - \varepsilon$ werde; M und H sind vorgeschrieben; σ setze man bey der Anwendung dieser 4 letzteren Formeln vorläufig = 0,005 Q. Fuß. Hiernach geben uns diese Formeln den erforderlichen Werth von w oder die erforderliche Röhrenweite in Q. Fußen. Ist D der zugehörige Durchmesser, so hat man D = $\sqrt{\frac{1000 . w}{785}}$. Man kann dann allemal die Scheiben so verfertigen lassen, daß σ noch etwas kleiner als 0,005 Q. F. werde.

Anm. Es könnte auch wohl ein etwas kleinerer Werth von w, als der so gefundene ist, genügen, da dann auch eine etwas kleinere Kraft denselben Effekt gäbe, weil mit der Abnahme von w nothwendig auch die Wasserlast abnimmt, bey unveränderten Werthen von M und C aber nothwendig dieselbe

Kraft denselben Effekt giebt. Man könnte also nach XCVII. prüfen, ob nach dem hier gefundenen Werthe von w der vortheilhafteste Werth von δ, welchen nämlich XCVII. angiebt, bedeutend von dem, welchen man hier angenommen hatte, verschieden ist, da man dann den neu gefundenen Werth von δ beybehalten könnte. Weil aber die Röhren nie ganz genau in gleicher Weite ausgebohrt, auch nach und nach etwas ausgefressen werden, zwey, drey Scheiben aber, die in der Röhre mehr genommen werden, überhaupt in Bezug auf die in der Röhre enthaltene Wassermenge in der Ausübung beynahe gar nicht in Betrachtung kommen, so hat man vorzüglich auf die Verminderung des Wassers in der obersten Kammer Rücksicht zu nehmen. Giebt daher nach dem gefundenen Werthe von w die Formel XCVII. einen Werth von δ, nach welchem $\frac{\lambda}{\delta + \varepsilon} < 6$ würde, so behalte man den angenommenen Werth $\delta = \frac{\lambda}{6} - \varepsilon$ bey; giebt aber XCVII., beym Gebrauch des berechneten Werths von w, $\delta < \frac{\lambda}{6} - \varepsilon$, so nehme man diesen letzteren Werth; behalte aber den schon berechneten Werth von w für die wirkliche Röhrenweite bey.

§. 126.

Von den hier beschriebenen Maschinen sind das Schaufelwerk, die Pumpe und das Scheibenpaternosterwerk die vorzüglichsten. Ihre Effekte verhalten

sich

sich nach LXXVIII. Nro. 2., LXXXVIII. und XCIX.

wie 0,56; $\frac{0,5}{1 + \frac{14\beta + h}{12 . D H}}$ und 0,75 — $\frac{m H}{N}$

Die Zahl $\frac{0,5}{1 + \frac{14\beta + h}{12 . D H}}$ wird in der Anwendung fast

nie grösser als 0,4; und die 0,75 — $\frac{m H}{N}$, wo sich

m auf Kub. F. bezieht, fast nie kleiner als 0,6. Wir müssen daher dem Scheibenpaternosterwerk um so mehr den Vorzug einräumen, da seine Einrichtung so einfach und sein Gebrauch so bequem ist. Seine lothrechte Stellung trägt viel zu dieser Bequemlichkeit bey, und so auch der Umstand, daß es keiner unteren Welle bedarf. Vor der Pumpe hat es noch den wesentlichen Vorzug, daß es gleich beim ersten Anlaß eine torricellische Leere giebt, nicht der beständigen Ausbesserungen des Kolbens und der Klappen bedarf, und auch noch in sehr unreinem Wasser seine Dienste leistet. Doch leisten uns die Pumpen, besonders wo schnell geholfen werden muß, sehr gute Beihülfe, weil eine Pumpe in sehr kurzer Zeit vorgerichtet werden kann. Vorzüglich verdienen die Pumpen empfohlen zu werden, wenn die Umstände der Vorrichtung eines Wasserrades günstig sind. Uebrigens versteht es sich, daß die nach der Berechnung gefundene Anzahl von Arbeitern bey allen diesen Maschinen verdoppelt werden müsse, um sie von

Stunde zu Stunde oder auch alle 2 Stunden abwechseln zu lassen.*)

§. 127.

Um nun diese Maschinen zur Beseitigung der Wasser wirklich anzuwenden, werden solche in die vom Damme eingeschlossene Baustelle ββ (Fig. 64.) eingesetzt. Je größer der innere Umfang dieser Baustelle und je größer die äußere Wassertiefe ist, desto mehr Wasser wird, theils durch den Damm, theils unter demselben und durch den Boden selbst durchdringen. Wenn die äußere Wassertiefe in Fußen = H, und die Grundfläche der Baustelle in Q. Fußen = W, der Zudrang von Wasser aber für jede Sek. = K gesetzt wird, so wäre es höchst wichtig, K aus H und W bestimmen zu können. Bey der Unmöglichkeit einer solchen Bestimmung mache man solche Maschinen-Anstalten, als wäre

$$\text{CIV.}\quad K = \frac{W \,.\, \sqrt{H}}{2500}.$$

Soll nun der ganze Raum H . W von Wasser befreit werden, und fördern sämmtliche Maschinen

*) Ich habe nach (Fig. 71.) die Einrichtung einer Pumpe mit einem Schleicher oder einer Scheide beygefügt. Die Scheide ef läßt sich bequem herabschieben, so wie man tiefer kommt; m s und b g sind Klammern. Aeußere Fugen werden nur mit Letten oder Thon dick verschmiert. Fig. 72. zeigt ein doppeltes Saugwerk, wobey 1/3 an Zeit gewonnen wird. Uebrigens haben Pumpen einen wesentlichen Vorzug, daß sie nämlich das Wasser in einer Grube am tiefsten zu Sumpf halten auch am wenigsten Raum in der Grube einnehmen.

zuſammengenommen in jeder Sek. die Waſſermenge Σ, ſo iſt, die Waſſermenge K als unveränderlich angenommen, die Waſſermenge, um welche das Behältniß in jeder Sek. abnimmt, $= \Sigma - K = \Sigma - \frac{W \cdot \sqrt{H}}{2500}$, und in T Sek. $= T \cdot (\Sigma - \frac{W \sqrt{H}}{2500})$; alſo für die gänzliche Ausleerung

$$T \cdot (\Sigma - \frac{W \cdot \sqrt{H}}{2500}) = H \cdot W$$

und die hierzu erforderliche Zeit

$$T = \frac{2500 \cdot H \cdot W}{2500 \cdot \Sigma - W \cdot \sqrt{H}}$$

Bezieht ſich T auf die Zeit in Stunden, ſo wird

$$\mathfrak{T} = \frac{0{,}7 \cdot H \cdot W}{2500 \cdot \Sigma - W \cdot \sqrt{H}}$$

So wenig nun CIV. als eine mathematiſche Beſtimmung gelten kann, ſo nützlich kann doch eine ſolche Hypotheſe für die Einrichtung der Arbeiten werden. Allemal erhellet hieraus, wie ſehr die Ausleerungszeit durch die Vergrößerung von Σ abgekürzt wird, da $\Sigma = \frac{W \cdot \sqrt{H}}{2500}$ einen unendlichen Werth von T giebt. Dennoch braucht Σ nicht beträchtlich größer als $\frac{W \cdot \sqrt{H}}{2500}$ gemacht zu werden. Setzen wir $\Sigma = \frac{n \cdot W \sqrt{H}}{2500}$, ſo wird

$$\mathfrak{T} = \frac{0{,}7 \cdot H \cdot W}{n \cdot W \cdot \sqrt{H} - W \sqrt{H}}$$

oder

$$\mathfrak{T} = \frac{0{,}7 \cdot \sqrt{H}}{n - 1}$$

auch

$$n = 1 + \frac{017 \cdot \sqrt{H}}{\Sigma}$$

Man kann hiermit noch die Voraussetzung verbinden, die Baustelle solle in H Tagen oder H . 24 Stunden ganz ausgeleert werden, so wird

$$n = 1 + \frac{017 \cdot \sqrt{H}}{24 \cdot H}$$

oder

$$n = 1 + \frac{0{,}0292}{\sqrt{H}}$$

welches für die gewöhnlichen Fälle hinreichend ist. Würde aber auch die gänzliche Ausleerung in $\frac{1}{2}$ H oder $\frac{1}{4}$ H Tägen verlangt, so wäre doch immer der Werth von n so wenig von 1 verschieden, daß auf diese Verschiedenheit hier keine Rücksicht genommen werden kann. Man kann also die erste Anlage so machen, daß

CV. $\Sigma = \frac{W \cdot \sqrt{H}}{2500}$ werde.

Man kann dann allemal hoffen, das sämmtliche Wasser bald genug zu Sumpf zu treiben. Der wirkliche Erfolg wird dann bald ausweisen, ob etwa noch eine oder mehrere Maschinen erforderlich seyn mögen.

Anm. Da hier keine sichere theoretische Berechnungen zum Grunde gelegt werden können, so wird man eine solche Formel wie CV. vielleicht als ganz unnütz ansehen. Ich habe aber besonders darauf aufmerksam machen wollen, daß wofern z. B. in 1 Sek. die Wassermenge $\frac{W \cdot \sqrt{H}}{2500}$

in das Behältniß eindringt, und nun mit größter Anstrengung das Wasser nicht unter eine gewisse Tiefe gebracht werden könnte, keineswegs die Hoffnung aufgegeben werden dürfe, auch nur durch eine einzige noch hinzukommende Maschine die Ausleerung nach Wunsche zu bewirken, weil gerade diese einzige auf Abnahme des Wassers wirkt. Ausserdem muß aber doch jeder Ingenieur einen Grund für die erste Anordnung der Maschinen haben. Es würde lächerlich seyn z. B. doppelt so viele Maschinen anzuordnen, als man zur Wältigung der Wasser nöthig hätte, deren Zudringen man kaum im äusserſten Falle fürchten dürfte. Dabey ist es nun schon eine starke Voraussetzung, daß $\Sigma = \frac{W \cdot \sqrt{H}}{2500}$ seyn solle. Inzwischen hat es nichts zu bedeuten, wenn auch eine oder 2 Maschinen leer stehen dürften, weil doch immer wenigstens eine Reservmaschine angeordnet werden muß. Fände man im Gegentheil, daß für $c = 2'$ der Wasserspiegel in irgend einer Tiefe nicht mehr merklich sinken wolle, so läßt man sogleich mit etwas grösserer Schnelligkeit z. B. $c = 2{,}25'$ arbeiten, und unterdessen noch 2 neue Maschinen vorrichten.

Ist das Wasser zu Sumpf gebracht (d. h. bis zum Boden hinab), so läßt man Vertiefungen (Sümpfe) α ausheben, in welche die Maschinen eingesetzt werden, die man $2 - 2\frac{1}{3}$ Fuß höher ausgiesen läßt, als nöthig wäre, um sie während dem

Ausheben der Sümpfe allmälig tiefer hinab senken zu können. Zu gleicher Zeit wird die eigentliche Fundamentgrube A ausgehoben, und solche durch ausgehauene Rinnen a mit jenen Sümpfen α in Verbindung gebracht. *)

*) Liebhaber der Theorie vermissen vielleicht bey den Bestimmungen in diesem §. einige Rücksicht auf Erscheinungen, welche auf die Ausleerungszeit solcher umschlossenen mit Wasser umgebenen Baustellen einen zu bedeutenden Einfluß haben, als daß man sie beseitigen könnte. In der That scheint es uns auch, wenn von theoretischen Untersuchungen und von ihrem Nutzen oder ihrer Entbehrlichkeit die Rede ist, wichtiger, wo nur immer möglich von vorhandenen theoretischen Lehren sowohl der Hydraulik als der Analysis bey wichtigen Fragen in der Ausübung Gebrauch zu machen, als nur an Erweiterung des blos spekulativen Theils der Analysis zu denken, Anwendungen derselben aber ganz zu vernachlässigen. Das Ansehen der Mathematik würde gewiß sehr gewinnen und die Wichtigkeit ihres Studiums mehr anerkannt werden, wenn man sich mehr mit wirklichen Beweisen ihrer Anwendbarkeit in schwierigen Fällen beschäftigte. Sollen aber dergleichen Anwendungen mathematischer Theorien ihre Anwendbarkeit wirklich beweisen, so müssen wir überzeugt seyn, daß ihre Resultate für die Ausübung von wirklichem Nutzen sind. Wir müssen eingesehen, daß sie oft von der Art sind, daß sie sogar auf falsche und nachtheilige Vorschriften führen. Wir finden daher noch folgende Bemerkung nöthig. Wenn bey einer vorgelegten Frage Bestimmungsstücke vorkommen, die wir weder aus der Theorie noch aus der Erfahrung genau kennen, so ist von selbst klar, daß auch das Resultat einer solchen theoretischen Untersuchung mehr oder weniger von der Erfahrung abweichen müsse. Dann kann aber dennoch eine

Siebentes Kapitel.

Nähere Anleitung zur Erbauung flacher hölzerner Brücken.

§. 128.

Hierher gehören die gemeinen Jochbrücken, die gesprengte Brücken, und die hölzernen

---

solche theoretische Untersuchung für die Ausübung sehr nützlich werden, wofern wir nur die Gränzen kennen, zwischen welche die Abweichung fallen muß, wenn übrigens die große Entfernung dieser Gränzen von einander der Brauchbarkeit nicht im Wege steht. In dieser Hinsicht, und auf die Schwierigkeiten, welche mit der Beantwortung solcher Fragen verbunden sind, glaube ich die nachstehende Frage mit ihrer theoretischen Beantwortung beyfügen zu dürfen.

Aufg. Ein parallelpipedisches Behältniß von der Weite W ist anfänglich auf die Höhe H mit Wasser gefüllt, und von außen mit Wasser von der Höhe H umgeben; in jeder Minute werden m rhl. Kub. Fuße aus dem Behältnisse ausgefördert; nachdem man den Wasserspiegel um die Tiefe α niedergetrieben hat, so daß die Wassertiefe noch $= H - \alpha$ ist, bleibt das Wasser bey fortgesetzter Ausschöpfung im Behältnisse in unveränderlicher Höhe stehen, daß also jetzt ebensoviel Wasser eindringt, als ausgehoben wird, und daher eine größere Wassermenge M, als die m ist, in jeder Minute ausgeschöpft werden muß; man sucht die in jeder Minute erforderliche Ausgußmenge M, um das Behältniß in der Zeit t, d. h. in t Minuten ganz auszuleeren.

Bogenbrücken. Eigentlich sollte man die Benennung von gemeinen Balkenbrücken bey

---

Aufl. Wenn der Wasserspiegel im Behältnisse um die Tiefe α gesunken ist, so ist die Wasserhöhe, welche nunmehr den Zufluß m in 1 Minute bewirkt, $= \mathfrak{H} + \alpha - H$. Sinkt daher der anfängliche Wasserspiegel um die Tiefe x, so daß die Wassertiefe im Behältnisse noch $= H - x$ ist; so ist nach reiner Theorie, die in 1 Min. beydringende Wassermenge $=$

$$m \cdot \sqrt{\left(\frac{\mathfrak{H} + x - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}\right)}$$

In der Zeit dt ist also der Differentialausdruck für die beydringende Wassermenge $=$

$$\left(m \cdot \sqrt{\frac{\mathfrak{H} + x - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}\right) \cdot dt$$

folglich die Abnahme in der Zeit dt $=$

$$\left(M - m \cdot \sqrt{\frac{\mathfrak{H} + x - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}\right) \cdot dt$$

Ebendieſe Abnahme ist $= W \cdot dx$.

Dieſes giebt uns die Fundamentalgleichung

$$W \cdot dx = \left(M - m \sqrt{\frac{\mathfrak{H} + x - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}\right) \cdot dt$$

und

$$\frac{\frac{W}{m} \cdot dx}{\frac{M}{m} - \sqrt{\frac{\mathfrak{H} + x - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}} = dt$$

Der ganze Nenner zur Linken sey $= y$, so wird

$$dx = (\mathfrak{H} + \alpha - H) \cdot 2 \cdot \left(y - \frac{M}{m}\right) \cdot dy$$

also

$$\frac{2 \cdot \frac{W}{m} \cdot (\mathfrak{H} + \alpha - H) \cdot \left(y - \frac{M}{m}\right) \cdot dy}{y} = dt$$

den verschiedenen Arten von Brücken gebrauchen, da dann diejenigen Balkenbrücken, welche zwischen ihren beiden Widerlagern auf Jochwänden ruhen,

---

und

$$t = 2 \cdot \frac{W}{m} \cdot (\mathfrak{H} + \alpha - H) \cdot \left(\int dy - \int \frac{M}{m} \cdot \frac{dy}{y}\right)$$

$$= 2 \cdot \frac{W}{m} \cdot (\mathfrak{H} + \alpha - H) \cdot \left(y - \frac{M}{m} \cdot \log n.\, y\right) + \text{Const.}$$

Für $x = o$ ist auch $t = o$; aber $x = o$ giebt

$$y = \frac{M}{m} - \sqrt{\frac{\mathfrak{H} - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}$$

Demnach

$$o = \frac{2 \cdot (\mathfrak{H} + \alpha - H) \cdot W}{m} \cdot \left(\frac{M}{m} - \sqrt{\frac{\mathfrak{H} - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}} - \frac{M}{m} \cdot \log n \left(\frac{M}{m} - \sqrt{\frac{\mathfrak{H} - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}\right)\right) + C.$$

welches die Const. giebt.

Daher

$$t = \frac{2(\mathfrak{H} + \alpha - H) \cdot W}{m} \cdot \left(\frac{M}{m} \cdot \ln. \left\{\frac{\frac{M}{m} - \sqrt{\frac{\mathfrak{H} - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}}{\frac{M}{m} - \sqrt{\frac{\mathfrak{H} + x - H}{\mathfrak{H} + \alpha - H}}}\right\} + \frac{\sqrt{(\mathfrak{H} - H)} - \sqrt{(\mathfrak{H} + x - H)}}{\sqrt{(\mathfrak{H} + \alpha - H)}}\right)$$

und für die gänzliche Ausleerung d. i. für $x = H$

$$\text{CVI.} \quad t = \frac{2 \cdot (\mathfrak{H} + \alpha - H) \cdot W}{m} \cdot \left(\frac{M}{m} \cdot \ln. \frac{M\sqrt{(\mathfrak{H} + \alpha - H)} - m\sqrt{(\mathfrak{H} - H)}}{M\sqrt{(\mathfrak{H} + \alpha - H)} - m\sqrt{\mathfrak{H}}} + \frac{\sqrt{(\mathfrak{H} - H)} - \sqrt{\mathfrak{H}}}{\sqrt{(\mathfrak{H} + \alpha - H)}}\right)$$

In Bezug auf die umdammten Baustelle in Flüssen ist aber allemal $H = \mathfrak{H}$, und daher noch einfacher

ins besondere Jochbrücken genennt werden. Von diesen reden wir hier zuerst.

CVII. $t = \frac{2\alpha W}{m} \cdot \left(\frac{M}{m} . \log n . \frac{M \sqrt{\alpha}}{M \sqrt{\alpha} - m \sqrt{H}} - \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{\alpha}} \right)$

Diese Zeit, welche sich auf Minuten bezieht, wird von dem Augenblicke an gerechnet, da die Wassertiefe H noch $= \mathfrak{H}$ war; bezeichnet man nun die Zeit, in welcher der Spiegel um die Tiefe α von der ersten Höhe hinab getrieben wird, mit t', und die übrige bis zur völligen Ausleerung erforderliche Zeit mit T, so erhält man, indem man α statt H schreibt, zuerst

CVIII. $t' = \frac{2\alpha W}{m} \cdot \left(\frac{M}{m} . \log n . \frac{M}{M - m} - 1 \right)$

und hieraus giebt sich $t - t'$ oder

CIX. $T = \frac{2\alpha W}{m} \cdot \left(\frac{M}{m} . \ln . \frac{M - m}{M - m \sqrt{\frac{H}{\alpha}}} + 1 - \sqrt{\frac{H}{\alpha}} \right)$

oder, wenn man die gemeinen Logarithmen gebrauchen will,

CX. $T = \frac{2\alpha W}{m} .$

$\left(\frac{M}{m} . 2{,}3026 . \log . \text{brigg} . \frac{M - m}{M - m \sqrt{\frac{H}{\alpha}}} + 1 - \sqrt{\frac{H}{\alpha}} \right)$

in Minuten.

Es sey z. B. $W = 3000$ Q. Fuß; in der Tiefe von $3' = \alpha$ unter dem äußeren Wasserspiegel bleibe das Wasser in derselben Tiefe unverändert stehen, wenn man 50 K. Fuß $= m$ in jeder Minute ausfördert, die ganze anfängliche Wastiefe $H = \mathfrak{H}$ sey $= 12'$; wenn nun, von dem Augenblick an, da die Wassertiefe in der Baustelle nur noch $H - \alpha = 9'$ beträgt, in jeder Minute 100 K. F. Wasser ausgefördert werden, wieviel Zeit wird höchstens erfordert werden, um die

§. 129.

Von der Breite der Brücken überhaupt ist oben schon das Nöthige gesagt worden (§. 45.). In Bezug auf die Jochbrücken ist nun noch ins besondere zu bemerken, daß auch in Fällen, wo die Brücken selbst noch nicht 20 rhl. Fuß breit sind, die Jochwände, wenn sie starken Eisgängen ausgesetzt sind, nicht unter 21′ breit seyn dürfen, damit sich zur Bildung einer Jochwand wenigstens 9 Pfähle eintreiben lassen, die dann von Mitte zu Mitte 2 ½ Fuß weit von einander abstehen. Erreichen Pfähle, beim Eintreiben bis zum Stehen mit einem 12 Zentner schweren Rammklotz, im festen Boden eine Tiefe von mehr als 16 rhl. Fußen, so können auch 8 Pfähle zulänglich seyn. Die Nichtbeobachtung dieser Regel ist die sehr begreifliche Ursache, warum so häufig Jochwände bey 12 — 16 Fuß breiten Brücken, deren Jochwände dann gewöhnlich auch nicht breiter sind, bey Eisgängen zertrümmert werden. Den festen Boden erreicht der Pfahl allemal schon durch die

---

übrigen Wasser (zu 9′ tief) vollends auszuheben? Unsere Formel giebt

$$T = 360 \cdot (2{,}2 \cdot \log n. \frac{110 - 50}{110 - 100} + 1 - \sqrt{4})$$

$= 1062$ Minuten $= 17{,}7$ Stunden.

In der Ausübung findet nun zwar die Anwendung dieser reinen Theorie nicht statt. Aber es müssen schon sehr schlimme Umstände eintreten, wenn T dreymal so groß werden sollte. Man rechne also zur Sicherheit 53 Stunden und so auch in andern Fällen. So bleibt uns also eine solche Berechnung doch immer wichtig.

paar ersten Schläge, und man kann daher auch, um der erforderlichen Bestimmtheit willen, von der Tiefe an den festen Boden rechnen, welche ein Pfahl mit dem 3ten Schlage von einem 12 Zentner schweren Klotze bey einem etwa 5′ hohen Zuge erreicht. Bey einem 10 Ztr. schweren kann der 4te Schlag diese Gränze bestimmen. Sicherheit gegen das tiefere Einsinken kommt hierbey weit weniger in Betrachtung als Sicherheit gegen Eisgänge. Kämen die Pfähle bey dem 12 Zentner schweren Rammklotze schon zum Stehen, bevor sie noch 12′ tief in den festen Boden eingetrieben wären, so wären starke Eisstöße immer gefährlich, und dieses um so mehr, je höher die Pfähle über den Boden hervorstehen, oder eigentlich je höher die Fluthen bey Eisgängen das Wasser über den Boden erheben, weil dann die Gewalt der Eismassen an längeren Hebelärmen angewendet wird. Man wird daher wohl thun, bey Erbauung einer Jochbrücke die folgende Regel zu beobachten:

CXI. Man wage es nie, Jochbrücken mit einfachen Jochwänden in Flüssen zu bauen, wo die Pfähle nicht so tief eingetrieben werden können, daß ihre Tiefe im festen Boden wenigstens noch 6 Fuße mehr betrage, als die beobachtete größte Wassertiefe bey Eisgängen.

In so ungünstigen Fällen müßte man überall doppelte Jochwände errichten, wo der Abstand der beiden parallelen Pfahlreihen im Lichten 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ rhl. Fuße betragen mögte. Doch würde ich überhaupt

die Erbauung einer Jochbrücke, selbst mit doppelten Jochwänden ganz widerrathen, wenn die Tiefe der Pfähle im festen Boden nicht wenigstens der größten Wassertiefe bey Eisgängen gleich käme. Uebrigens werden dann die beiden äussersten Pfähle der einen Jochwand mit den beiden äussersten der anderen durch Riegelhölzer und eiserne Bänder gehörig verbunden. Vor jedem solchen doppelten Joch strohmaufwärts etwa in einer Entfernung von 3 — 4 Fußen wird dann noch ein Pfahl in der Höhe der Jochpfähle eingetrieben, welcher mit den beiden nächsten Pfählen der beiden Jochpfähle durch mehrere Riegelhölzer verbunden wird. Diese Verbindung wird nachher noch durch 3zöllige Dihlstücke, welche vom niedrigsten Wasserspiegel an bis zu oberst angeschlagen werden, verstärkt. Diese beiden Dihlwände bilden hier einen Vorkopf wie bey steinernen Brückenpfeilern. Auf gleiche Weise werden auch die äusseren Seiten der beiden Pfahlreihen bedihlt, und nun der ganze Zwischenraum zwischen diesen Dihlwänden mit Steinen verschüttet. Der Vorpfahl des Vorkopfs kann noch eine Bedeckung von starkem Eisenblech erhalten, die dem Strohm zwey lothrechte Flächen entgegensetzen, welche eine Schärfe bilden, an der sich die anstoßenden Eismassen spalten. In den meisten Fällen kann aber der Forderung für einfache Jochwände (CXI.) Genüge geschehen.

§. 130.

Da die allemal über das Wasser hervorstehenden Jochpfähle dem Wechsel des Wassers und der Luft

ausgesetzt sind, so muß man solche aus Eichenholz verfertigen lassen. Ihre Dicke, nach der Breite des Flusses verstanden, kann 1 rhl. Fuß betragen, ihre Breite längs dem Strohm 14 bis 16 Zolle, so daß sie parallelepipedisch beschlagen werden; nur in der unteren Hälfte können Dicke und Breite allmälig etwas abnehmen. Die geringste Länge der Jochwand, nehmen wir zu 21′, für breitere Brücken legen wir noch $2\frac{1}{2}$ oder 2 . $2\frac{1}{2}$ oder 3 . $2\frac{1}{2}$ Fuße ꝛc. hinzu, und nehmen dann zu solchen einfachen Jochwänden 9 — 10 — 11 — 12 ꝛc. Pfähle. Der Abstand der Jochwände von einander kann zu 24 bis 36 Fuß angenommen werden, wenn die Brückenstraße gepflastert werden soll; ja es können die Unterlager einer Balkenbrücke sogar 45′ weit im Lichten von einander abstehen, selbst bey der Bedeckung mit einem Pflaster, wenn die Tramen f f (Fig. 74.), doppelt auf einander gelegt und, in einander verkammt, zusammen eine Höhe von 20 rhl. Zollen erreichen, und die Geländerdocken a nicht unter 6′ hoch genommen werden, damit die Strebhölzer γ nicht zu flach zu liegen kommen. Zur Ueberzeugung mag folgendes dienen:

Das Gewicht vom Pflaster für jeden Quadratfuß der Brückenfläche im Mittel genommen sey = 70 Berl. Pf

Die Brücke sey zwischen den Geländern 24′ breit, so ist die Fläche auf 45′ Länge . . . . = 1080 Q. F.

Also das Gewicht des Pflasters = 75600 Pf.

Nehmen wir über dieser Fläche zwey Fuhrwerke mit dem Gewicht der Pferde, jedes zu 70 Zentner an, so hat man . . 14000 Pf.

Rechnen wir ausserdem noch eine mögliche Last hinzu von . . 20400 Pf.

So beträgt die mögliche Belastung 110000 Pf.

Wir erhalten also

Die auf die Mitte der Fläche reducirte Belastung . . . . . = 55000 Pf.

Wird diese Last auf 11 Tramen vertheilt, so kommt auf jeden = 5000 Pf.

Dieses Resultat setzt völlig gleichförmige Vertheilung der Belastung voraus; zur Sicherheit wollen wir daher diese Zahl verdoppeln, so erhalten wir

Die Belastung für die Mitte eines auf 45′ Länge ganz frey liegenden Balkens = 10000 Berl. Pf. (C

Hat man Förlenholz, so beträgt die Tragkraft eines 15″ hohen Balkens (womit wir den 20″ hohen doppelten Balken mit aller Sicherheit als äquivalent annehmen können) bey 45′ Länge und 12″ Dicke nach §. 13. in der Mitte

$$Q = \frac{2 \cdot 719 \cdot \frac{5}{4}}{45} \cdot 12 \cdot 15 - \frac{1}{5} q$$

Für q erhalten wir hier nicht völlig 4000 Pf.; setzen wir nun $\frac{1}{5} q = 2000$ Pf., so wird

$Q = 7188 - 2000 = 5188$ Berl. Pf.

In Bezug auf 45jährige Dauer würde also die Tragkraft für die Belastung (C) etwa nur zur

Hälfte hinlänglich seyn, wofern die Balken ohne alle Verspannung auf die Unterlager aufgelegt würden. Aber die im folg. §. näher anzugebenden Verspannungen vergrössern die Tragkraft Q wenigstens zur 4fachen, so daß wir mit Sicherheit *)

$$Q = 20000 \text{ Pf.}$$ setzen dürfen.

Daß also die Tragkraft einer so gebauten Jochbrücke beiläufig doppelt so groß ist, als sie zur größten Sicherheit seyn dürfte. Es ist hieraus klar, daß die Tramen nur 9'' dick und 13'' hoch zu seyn brauchten; und man braucht daher keine Förlen von ausserordentlicher Stärke zu einem solchen Brückenbau, die sich nämlich auf die Länge von 46 bis 47 Fuß (weil sie 45' lang frey liegen sollen) zu 9'' dick und 13'' breit oder hoch beschlagen lassen. Wo indessen die Streben q sehr flach zu liegen kommen, giebt man in der Dicke einen oder etliche Zolle zu.

§. 131.

Die ganze Konstruktion einer solchen Jochbrücke ersieht

---

*) Denn oberhalb den Stellen o können wir die Tramen als vollkommen unterstützt und auf festen Punkten ruhend betrachten, so daß nur noch die halbe Länge oo als gefährdet anzusehen bleibt, die dann nur mit der beiläufig halben Last beschwert wird. Aber die Tramen liegen zugleich auf den Windkreuzen, und diese ruhen mit ihren Zapfen in den Trägern oo, welche durch die Streben q, q vollständig unterstützt sind. Ausserdem liegt der Träger μ an den Windkräuzen an, womit also die Mitte der Tramen eine neue Unterstützung erhält, welche durch die lothrechten eisernen Stangen getragen wird, deren Druck den Streben γ, γ zu Theil wird.

ersieht man deutlich aus den beigefügten Zeichnungen. Fig. 73. und 74. zeigen die Aufrisse nach der Breite und nach der Länge der Brücke. Ich habe im Ganzen die von Voch (Abhandl. der Brückenbauk. Augsb. 1780.) angegebene Konstruktion beibehalten, und nur zum Vortheile der Festigkeit einige Modifikationen dabey angebracht. Sie bleibt bis zu Jochbrücken brauchbar, deren Jöcher 45′ weit im Lichten von einander abstehen. Die briden äussersten Pfähle, zwischen welchen alle übrige Jochpfähle stehen, hat Voch schief gestellt, und Wiebeking hat dieselbe Stellung beibehalten. Eben so findet man sie auch hier Fig. 73. Ich kann sie aber am letzten Pfahl längs dem Flusse hinab, nach reiflicher Ueberlegung, nicht vortheilhaft finden, indem aus mechanischen Gründen heftige Eisstöße gegen die Jochwand nothwendig den Erfolg haben, daß der erschütterte unterste schief anliegende Pfahl mit einer sehr bedeutenden Gewalt gegen das Kronholz der Jochwand aufwärts stößt und hierdurch dem ganzen Joch höchst nachtheilig werden kann. Wäre der Neigungswinkel des Pfahls gegen die Horizontale c α = 80° und die Kraft des Stoßes gegen das Joch = P, so wäre die daraus entstehende Wirkung am letzten Pfahle bey a, aufwärts zu steigen und das Kornholz zu erheben, = P . tang. 80° = 5,67 . P.

Die oberen Bundbalken oder Gurten α c lasse ich nicht schlechthin an die Jochpfähle anlegen, sondern solche in Einschnitte zu etwa $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{8}$ Zoll tief einlegen, wie man Fig. 74. sieht. Auch er-

halten hier die Gurten nach Wiebekingscher Bauart noch eine eigene Unterstützung durch umgelegte und mittelst Schrauben angezogene starke eiserne Bänder, wie Fig. 76. besonders zu sehen ist. Die äussere Fläche des Vierecks M, welches die beiden Eisen bilden, muß in die äussere Fläche des Pfahls fallen, welcher deshalb ringsherum gehörig ausgeschnitten wird. Diese Bandeisen können 3″ breit oder hoch und $\frac{1}{2}$ Zoll dick seyn. Die Gurten liegen auf den Flügeln c, c auf. Es ist hinlänglich, nur an den beiden äussersten und dem mittleren Pfahl solche Bandeisen anzubringen. Bey Boch fehlen auch die hier (Fig. 74.) angebrachten Träger μ mit den durch die Geländerdocken durchlaufenden $\frac{5}{4}$ Zoll dicken eisernen Stäben, welche oben einen starken Kopf und unten ein Gewinde haben, um sie mit Schraubenmuttern hinlänglich anziehen zu können. Zwischen den beiden Geländern werden diese Träger etwa noch an einer oder 2 Brückenruthen festgeschroben, wo also die Schrauben durch die Riegel- oder Spannhölzer p und durch die Brückenruthen durchgehen. Die Träger selbst werden etwa $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ Zoll tief in die Spannhölzer eingelassen. Die Träger o werden nur an den Stellen, wo die Strebhölzer q anliegen, wie Fig. 74. gestaltet, im übrigen sind sie nach der ganzen Länge parallelepipedisch, sie werden gleichfalls angeschroben.

Die zwischen ein paar Jöchern liegenden Spannriegel p (deren es jedesmal 3 höchstens, wenn die Brücke über 24′ breit wäre, 4 sind) bilden mit den

Trägern o jedesmal 2 oder 3 Felder, in welchen zwischen den Trägern Hölzer (Windruthen, weil sie der Gewalt der Winde zu widerstehen dienen) unter schiefen Winkeln eingelassen werden, welche horizontale Kreuze bilden, und daher Windkreuze genannt werden können. Es hat mir unnöthig geschienen, solche besonders zu zeichnen.

§. 132.

Die bey einer solchen Brücke vorkommenden Theile sind also:

CXII. Die Jochpfähle. Man läßt sie, ohne die Zapfen welche nach dem Einrammen angeschnitten werden, etwa 3′ hoch über das höchste Wasser hervorstehen. Ihre Stärke s. §. 130.

Die Gurten c α und c β; die oberen zu etwa 10″ hoch und 12″ breit; die unteren zu 10″ hoch und 16″ breit, weil diese so tief ausgeschnitten werden, daß die zu beiden Seiten anliegenden Gurten einander beinahe berühren, wie Fig. 75., so daß sie die Pfähle beinahe ganz einschließen; von Eichenholz.

Die Kreuzstreben, Kreuzbänder, Kreuzbüge d (Fig. 73.) zwischen den beiden Gurten zu 10″ ins Gevierte. Sie werden etwa 1 ½ bis 2 Zoll tief eingeschnitten, um die Pfähle in diese Vertiefungen einzuzwängen; von Eichenholz.

Die Jochpetten, Kronhölzer e e, 12″ dick, 14″ hoch; von Eichenholz.

Die Brückenruthen, welche mit ihren etwa 2 Zoll tiefen Einschnitten auf den Kronhölzern e e aufliegen, zu $10'' + \frac{n''}{20}$ dick und $10 + \frac{n}{9}$ Zoll hoch, wenn die Entfernung der Jochwände von einander im Lichten = n Fuße ist. Ist man 2 Balken auf einander zu verkammen genöthigt, so daß an der summirten Höhe beider Balken etwa 4 Zolle durch die Verkammung verlohren gehen, so nehme man jeden dieser Balken, bey der angegebenen Dicke, zu $3 + \frac{n}{5}$ Zoll hoch; von Förlen, Fichten oder Tannen.

Die Rippenhölzer δ, δ (Fig. 73. und 74.) zu 10'' ins Gevierte, von Nadelholz.

Die Brückenschwellen, Saumhölzer f f (Fig. 74.) zu beiden Seiten der Brücke, längs derselben, unter dem Geländer, welche überall mit ihren beiden verzapften Enden in die Rippenhölzer δ eingreifen zu 10'' ins Gevierte; von Eichenholz.

Die Hauptpfosten des Geländers, Geländerdocken, α, m (Fig. 74.) zu 10'' ins Gevierte, von Eichenholz; die Mittelpfosten k (Fig. 74.) zu 8 und 10 Zoll stark. Die Balken q', die darunter liegenden Riegelhölzer und die Streben γ (Fig. 74.). Alles von Eichenholz; nur im Nothfalle Nadelholz. Die Höhe der Geländerdocken nehme man, bey der obigen Bedeutung von n, allemal $= 3 + \frac{n}{15}$ Fuß hoch.

Die Durchzüge o, mit den Spannriegeln p zu 12″ ins Gevierte; von Nadelholz.

Die Träger μ zu 14″ hoch 10″ dick; von Nadelholz.

Die Strebhölzer q (Fig. 47.) zu 10″ ins Gevierte von Nadelholz.

Die nach der Breite der Brücke aufgenagelten Dihlen zu 4″ dick; sie laufen ihrer Länge nach über die Brückenruthen, parallel mit den Rippenhölzern δ δ Fig. 73.

Die unter den Brückenruthen anliegenden Kreuze (§. 131. am Ende) sind in der Zeichnung nicht sichtbar. Sie können aus 10 Zoll starken Hölzern, von Nadelholz, gebildet werden.

Der Zwischenraum zwischen den beiden Gurten α, β (Fig. 73.) wird auf beiden Seiten eines jeden Jochs mit Dihlen beschlagen, wie man bey l (Fig. 73.) sieht.

Die Felder, welche die Brückenschwellen mit den Rippenhölzern bilden, werden über dem Dihlboden ausgepflastert, so daß zu beiden Seiten Trottoirs oder Fußwege bleiben, welche von der Fahrstraße durch eine Gosse abgesondert werden. Hin und wider können Abweiser wie k (Fig. 73.) angebracht werden.

Anm. Eine so gebaute Brücke hat nach unserer Angabe 45jährige Dauer, wenn durchaus gesundes Holz dazu gebraucht, solches nach gehöriger Austrocknung mit Theer mehrmalen überstrichen, und dieser Anstrich etwa alle 5 Jahre einmal wiederholt wird.

Ist das Holz in warmer freyer Luft, gegen die Sonnenstrahlen geschützt, gehörig getrocknet, so wird die Dauer noch mehr gesichert, wenn man sämmtliches Holzwerk nach der Verzimmerung durch ein Flammenfeuer durchlaufen läßt, indem man solches theilweise auf Walzen, die auf einem Gerüste etwa 3½ bis 4 Fuß hoch über dem Boden liegen, hin und her schiebt, so daß es durch das auf dem Boden angelegte Flammenfeuer durchlaufen muß. Daß wir übrigens keineswegs gerade auf der Dauer von 45 Jahren bestehen, haben wir schon (§. 12.) erinnert; wir bezweifeln indessen diese Dauer nicht, wenn die vorstehende Behandlung des Materials dabey beobachtet wird. Nimmt mit der Zeit die Tragkraft merklich ab, d. h. um mehr ab, als wir für die Dauer von 45 Jahren nach §. 12. angenommen haben, so kann die Ausdauer der Brücke wieder auf eine lange Reihe von Jahren gesichert werden, wenn wir das Pflaster abheben, und einen neuen Dihlboden legen lassen. Schadhaft und ganz untauglich gewordene Brückenruthen werden bey dieser Gelegenheit ausgewechselt.

§. 133.

An beyden Enden der Brücke muß für gehörige Uferbefestigung gesorgt werden. Dazu dient eine Verpfählung im Ufer, wie ABCD im Grundrisse unserer Brücke (Fig. 77.) (wobey nur die Kreuze unter den Brückenruthen weggelassen worden sind).

Ist der Grund nicht sehr schlecht, so können die Pfähle 2½ Fuße weit im Lichten von einander ab-

stehen, die dann mit einem aufgelegten Balken, einer Pette, mittelst Einzapfung unter einander verbunden werden. An diesen Petten werden Dammplanken, wie Fig. 48., hinabgetrieben.

Ist der Boden sehr schlecht, so wird Pfahl an Pfahl gesetzt, und die Dammplanken können dann wegbleiben.

Der schlechte Boden **EF** wird dann bis zur Tiefe des niedrigen Wassers ausgehoben, dann 4—5—6—8 Reihen Pfähle parallel mit **BC** eingetrieben, bis ihre Köpfe etwa $\frac{1}{2}$ Fuß hoch über das niedrigste Wasser hervorstehen. Jetzt werden alle Zwischenräume mit Steinen ausgefüllt, die man mit einer etwa 60 Pf. schweren Handramme zusammentreibt. Dann werden Zapfen angeschnitten und ein Rost aufgelegt, der noch vollends untermauert und in seinen Feldern ausgepflastert wird. Das mit dem Rost abgeebnete Pflaster wird nunmehr mit Mörtel überschüttet, und in diesen Mörtel werden große platte Steine eingelegt, die überall auf dem Roste selbst aufliegen. Ueber diesem Steinlager wird ringsumher ein Mauerwerk von Quadern aufgeführt und der ganze so umgebene Raum **ABCD** mit gemeinen Bruchsteinen und Mörtel ausgefüllt. Zu oberst etwa 12 bis 15″ unter der Oberfläche der Brückenstraße bedeckt man dieses Mauerwerk mit Mörtel, der zuerst mit grobem Grand, dann mit Sand beschüttet wird, in welchen nun hohe Pflastersteine eingesetzt werden. Die Oberfläche des Pflasters verbindet die äußere Straßenfläche

mit der der Brückenstraße. Uebrigens laufen die Enden der Brückenruthen selbst noch über die Mauer BC.

Anm. Wäre der Boden am Ufer noch bis unter den niedrigsten Wasserstand herab sehr schlecht, so müßte man ihn, mittelst Verdammung und Wasserhebungsmaschinen, besonders bey einem reißenden Wasser, bis zum Flußbette herab ausheben, und dann wie vorhin verfahren. Man könnte überdas mit Faschinenbedeckung bis zu einer gewissen Strecke oberhalb der Brücke zu Hülfe kommen, um alle den Umständen angemessene Sicherheit gegen Ausspühlungen zu erhalten. Was man übrigens nach der besonderen Beschaffenheit der Ufer in den einzelnen Fällen unterlassen könne, muß einer gesunden Beurtheilung überlassen bleiben. Hat man ein in Felsen hoch anstehendes Ufer, so ist man im glücklichsten Falle. Dann fallen alle Uferbefestigungen weg, und eine im Ufer ausgehauene Lagerstätte kann statt einer Jochwand dienen.

§. 134.

Liegt die Straße, mit welcher die Brücke verbunden werden soll, tiefer als die Oberfläche des Wassers beym höchsten Wasserstande, so muß das Mauerwerk EF (Fig. 77.) hoch genug über die Uferfläche hinaufgeführt und auf seiner oberen Fläche als eine gegen die Brücke sanft steigende schiefe Ebene gebildet werden, die sich allmälig in die Brückenfläche so wie in die äußere Fuhrstraße verliehrt. Auch muß sich die Brückenstraße in ihrer Verbindung mit der

äußeren Straße, wenn solche durch eine Wendung geschieht, allmälig so erweitern, wie es die bequeme Wendung erfordert. Auch das Brückengeländer wird zu beyden Seiten so lang fortgeführt, als es die Sicherheit des Fuhrwerks erheischt.

§. 135.

Gemeine Balkenbrücken mit steinernen Pfeilern scheinen mir keiner Empfehlung werth. Da diese Pfeiler keinen solchen Druck von oben herab, wie die bey steinernen Brücken, leiden, welche ihren Widerstand gegen Eisgänge vergrößern, und sie den Eisgängen eine weit größere Fläche zum Angriff entgegensetzen, als die Jochwände, so bleibt es noch einem Zweifel unterworfen ob sie die Angriffe der Eisgänge so gut aushalten werden als gut gebaute Jochwände. Erwägt man nun noch die Kosten, welche dergleichen bis über den höchsten Wasserstand aufgeführte Pfeiler verursachen, und rechnet man die übrigen Brückenkosten hinzu, so steht die Summe mit den großen Vorzügen einer ganz steinernen Brücke vor einer hölzernen in einem allzugroßen Mißverhältnisse, so daß jeder vernünftige Baumeister entweder die Zulage zu den Erbauungskosten einer ganz steinernen Brücke oder nur die Erbauung einer Jochbrücke anrathen muß. Nicht zu gedenken, daß sowohl die Zwittergestalt als das außerordentliche Mißverhältniß der Pfeilerstärke zu dem darauf ruhenden Zimmerwerk allen Anspruch auf gefälliges Ansehen vernichtet.

§. 135.

Um größere Oeffnungsweiten zu gewinnen oder die Anzahl von Jöchern zu vermindern, dürfte man nur die Hängewerke bey Brücken anwenden. Brücken dieser Art findet man sehr viele in Teutschland; sie heißen gesprengte oder auch hängende Brücken; sie müssen sich durch ihre eigene Verspannung gegen das Einstürzen in Sicherheit setzen.

Die einfachste Darstellung eines solchen Hängewerks zeigt Fig. 78. Man denke sich nämlich eine Reihe parallel liegender Balken wie cd, die der Länge nach aus 2 Stücken zusammengeschiffet sind. Diese liegen nur mit ihren Enden auf hinlänglich festen Unterlagern auf, wie hier in A und in B. Die Pfosten p und q werden über den Unterlagern A und B aufgestellt, um über solche gleichfalls Balken legen zu können, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, den Druck der unteren Balken, die wir uns beträchtlich belastet denken können, auf jene Stellen A und B zu vertheilen.

Zu dem Ende werden Büge wie e, f angebracht, und zwischen f, f ein Riegel mn eingezogen. Hiermit wird jeder Druck, den der obere Balken a b leidet, auf die Unterlager A und B übergetragen. Also ist nur noch übrig, den Druck, welchen die unteren Balken theils von ihrem eigenen Gewicht, theils von einer etwa aufgelegten Last leiden, auf die oberen Balken zu bringen. Es wird vorausgesetzt, daß nur über dem ersten und letzten unteren Balken ein solches Hängewerk angebracht werden solle.

Man legt zu dem Ende einen Träger k an sämmtliche untere Balken an, und schraubt solchen an sämmtliche untere zwischen dem ersten und letzten anliegende Balken fest; den ersten und letzten aber verbindet man mittelst einer langen Schraube g h mit dem Träger, so daß diese Schraube durch den Riegel m n und den oberen Balken a b durchgeht.

So erhält man einen Begriff von einem Hängewerk, das aber noch einer größeren Vollkommenheit und Ausdehnung fähig ist.

Statt der Schrauben wie g h (Fig. 78.) kann man auch Säulen wie g h (Fig. 79.) an die Balkenwand anlegen, die dann Hängesäulen genannt werden. Es muß jedesmal ein Paar solcher Säulen an einer Stelle der Wand angebracht werden, nämlich auf der hinteren Wandseite ein ebensolches hängendes Säulenstück wie auf der vorderen; jenes wird durch dieses in der Zeichnung verdeckt. Beyde in paralleler Lage lothrecht herabhängende Säulenstücke eines solchen Paares haben dann zum Durchlaufen der Balken, Büge und Riegelhölzer gehörige Einschnitte und werden an mehreren Stellen durch Schrauben fest an die durchlaufenden Hölzer angezogen. Die Wand mit den Hängesäulen g h (Fig 79.) sieht daher in dem auf die Fläche unserer Zeichnung senkrechten Durchschnitte so aus wie g h (Fig. 80.).

Sind die Längen c γ, d γ so groß, daß schon die Balkenlängen c γ, d γ einer Unterstützung bedürfen, so bringt man an diesen Balkenstücken noch eben dergleichen Hängesäulen, wie α β (Fig. 79.) an; auch wohl außer den Hängesäulen noch eiserne Stangen.

Man sieht von selbst ein, daß hierbey eine große Mannigfaltigkeit von Einrichtungen denkbar ist, destomehr, je größer die Entfernung der Unterstützungspunkte c und d von einander ist. Die Bestimmung der besonderen Einrichtung, die in einem gegebenen Falle dem Zwecke durchaus entspricht, muß der Beurtheilungskraft und Erfindungsgabe des Baumeisters, dem die Anlage anvertraut worden ist, überlassen bleiben. In der Anwendung auf Brücken kommt man der Festigkeit noch dadurch zur Hülfe, daß man die Balken von beyden Widerlagern aus gegen die Mitte der Brücke etwas steigen läßt, auf die Länge von 24 Fußen wenigstens um 1'.

§. 136.

Zur genaueren Erläuterung sind noch einige Zeichnungen beigefügt worden. Fig. 81. Tab. XIII. ist die lothrechte Projektion einer solchen Brücke mit dem aufliegenden Dachgebälke. Die Bestandtheile dieser Brücke sind folgende:

Die unteren oder Haupttramen oder Streckbäume A B. Sie werden zur Gewinnung der erforderlichen Stärke aus zwey auf einander liegenden Tramen zusammengekammt. Die beiden Tramen sind der Länge nach aus so vielen Balken zusammengesetzt, als der Abstand der beiden Widerlager erfordert. Dabey muß darauf gesehen werden, daß die Stoßfugen der oberen Balken von denen der unteren hinlänglich entfernt sind; auch muß jede Stoßfuge der unteren Balken wo möglich in Hängesäulen aufliegen. Allenfalls könnte auch die Hängesäule um

12 — 14 Zolle tiefer, als zum Durchgange der Tramen nöthig wäre, ausgeschnitten seyn, und unter den Tramen noch ein dritter durch einige Hängesäulen durchlaufender Balken angelegt werden, der einer Stoßfuge der aufliegenden Tramen zur Unterstützung diente.

Die zusammengestoßenen Balken werden jedesmal auf zwey einander gegenüber liegenden Seiten durch starke Klammern oder durch eiserne Schienen und durchgehende eiserne Schrauben mit einander verbunden. Auch zwängt man die auf einander liegenden Balken wenigstens von 10 zu 10 Fußen mit durchgehenden lothrechten Schrauben zusammen, wo aber Kopf und Mutter allemal an einer eisernen Platte anliegen müssen, welche 7 — 9 Zolle ins Gevierte groß und $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$ Zoll dick seyn kann.

Die Höhe der oberen oder der Dachtramen C D kann etwa $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ von der Höhe der unteren betragen. Die Dicke bleibt dieselbe, wie die der unteren.

Die eichenen Hängesäulen können, von Mitte zu Mitte genommen, 12 — 16 Fuß weit von einander abstehen, wie F, E, E. Kann ein einzelnes solches Säulenstück nicht in der erforderlichen Breite beigeschafft werden, so setzt man es (nach der Länge der Brücke verstanden) aus 2 Stücken zusammen, so daß jede Hängesäule alsdann aus 4 Stücken besteht. Die in gedachtem Falle nach der Länge der Brücke mit einander verbundenen einzelnen Stücke werden, wie Fig. 82., durch ein Paar Schrauben mit den durchlaufenden Hölzern verbunden.

Auſſer den Tramen laufen auch noch andere Hölzer durch die Hängeſäulen, wie Fig. 81. die Balken a, b, c und die Streben m, n, o, p. Dabey kann c c ein einziger durchlaufender Balken ſeyn.

Die unteren Tramen können gleichfalls durch Büge, die dann Sprengbüge heißen, unterſtützt werden, wie Fig. 81. bey q, r, s.

Unter den Streckbäumen werden Trägert, u, v nach der Breite der Brücke durch die Oeffnungen der Hängeſäulen durchgeſchoben. Eben dergleichen werden auch noch auſſer denſelben angebracht, wie hier w, x, y.

Jeder Träger wird mit dem folgenden durch ein liegendes Kreuz verſpannt, wie man aus Fig. 83. erſieht.

Nunmehr werden dicht an beiden unteren Tramen und zwiſchen ſolchen über ſämmtliche Träger und Kreuze Brückenruthen nach der Länge der Brücke aufgelegt, die nicht über 20″ im Lichten von einander entfernt ſind, und in etwa $\frac{1}{3}$ Zoll tiefe Einſchnitte der Träger einpaſſen und durch Schrauben an dieſe ſcharf angezogen werden.

Die Einrichtung des Dachwerks ergiebt ſich ohne weitere Erläuterung aus Fig. 84.

Da das Dachwerk die beſtändige Belaſtung der Brücke auſſerordentlich vergröſſert, auch durch dieſe Bedachung die Brückenſtraße gegen den Regen geſchützt wird, ſo thut man am beſten, die Brückenruthen mit Balken an Balken zu etwa 6 — 7 Zoll dick zu

belegen, diese aber weder mit Sand noch mit einem Pflaster zu beschweren.

Dieselbe Tafel (Tab. XIII.) zeigt noch eine andere hängende Brücke von vorzüglicher Festigkeit und mit einer sehr bedeutenden Oeffnungsweite.

Nur die Hängesäulen A sind doppelt, alle übrigen dreifach. Die mittlere F hängt lothrecht; der Mittelpunkt, nach welchem die Mittellinien aller Hängesäulen zusammenlaufen, liegt bey dieser Brücke 140′ tief unterhalb S. Alle Hölzer n greifen zwischen den Hängesäulen ein, hingegen die Kreuzstreben μ mit dem Zwischenholz oder Riegel μ greifen mit Zapfen in die einzelnen an den Tramen anliegenden Stücke der Hängesäulen ein, die vermöge ihrer Dicke wenigstens 8″ über die Seitenflächen der Tramen nach der Breite der Brücke hervorstehen. Da jedesmal 2 Säulenstücke, auf den beiden Seiten der Tramen anliegend, zusammengehören, so ist auch jede Kreuzstrebe zwischen den Hängesäulen doppelt vorhanden, sowohl die obere als die untere. In der Zeichnung verdecken sie einander, so daß man sowohl die obere als die untere nur einfach sieht. Eben diese Kreuze nebst dem Riegel μ muß man sich zwischen allen Hängesäulen denken. Sie sind nur zur Vereinfachung der Zeichnung hier weggelassen worden. Zwischen jedem Paare solcher Kreuze ist also ein Zwischenraum, nach der Breite der Brücke von 12 — 13 Zollen, so dick nämlich die Tramen, nach der Breite der Brücke, sind. Daher kann zwischen jedem Paare in der Mitte, wo die beiden Hölzer eines Kreuzes über einander

laufen, ein Klotz, zu 12 — 13″ dick, eingeschoben werden; dann läßt man durch beide Kreuzhölzer und das zwischenliegende Klotz eine Schraube durchstecken, welche man in der Zeichnung bemerkt hat, und spannt alle 3 Holzstücke mittelst einer Mutter stark zusammen. Da auf solche Weise die Hängesäulen mit ihre Kreuzstreben unzerbrechliche Keile bilden, die keines tieferen Senkens fähig sind, die Tramen aber ohne Senkung dieser Keile nicht zum Brechen kommen können, so erhellet hieraus die ausserordentliche Festigkeit dieser obgleich so weit gespannten Brücke.

Bey q sieht man, wie die den Straßenbäumen zum Unterlager dienenden Träger mit starken Zapfen, die an ihren Enden angeschnitten werden, in die Tramen eingreifen; in den Hängesäulen werden jedesmal 2 schwächere Träger mit schwächeren Zapfen s, s eingelegt.

Der Raum zwischen zwey Trägern wird durch ein Riegelholz in zwey gleiche Theile getheilt, und in jedem Theile ein Windkreuz angebracht, daß also überall zwischen zwey Trägern zwey Windkreuze mit einem zwischenliegenden Riegel angebracht werden.

Den Wasserspiegel in der Zeichnung kann man sich etwa $2\frac{1}{2}$ Fuß tief unter der Oberfläche des höchsten Wassers denken. Die Brücke kann übrigens ohne Bedenken mit einem Pflaster versehen werden. Bey noch grösseren Oeffnungsweiten könnten nnten 3 Tramen auf einander gelegt werden; dann kann man bey noch grösseren Weiten auch 3 obere Tramen nehmen.

§. 137.

§. 137.

Man kann auch dergleichen gesprengte Brücken, wie die Jochbrücken, mit mehreren Oeffnungen anlegen, so daß die verschiedenen Theile der Brücke mit ihren Enden auf Jöchern aufliegen. Man könnte sie gesprengte Jochbrücken nennen. Nur müssen dann die Traggurten noch eine stärkere Unterstützung als bey den Balkenbrücken erhalten, weil hier ein grösseres Gewicht auf ihnen ruht. Es ist daher rathsam, wo Traggurten zur Unterstützung dienen, auf beiden Seiten einer Jochwand noch eine Traggurte auf dieselbe Weise anzuschrauben d. h. zwey dergleichen unter einander, und unter der unteren das oben angegebene eiserne Band anzubringen, welches jedoch nur an 3 höchstens 4 Pfählen nöthig wäre. Uebrigens kann die Entfernung der Widerlager oder der Jochwände von einander 100 — 120 — 140 und mehr Fuße betragen, da dann auch sowohl unten als oben 3 Tramen auf einander gelegt werden können, welche unten in der Höhe zusammen 30 — 33 Zolle, oben etwa 22 — 24 Zolle betragen mögen, wenn sie auf einander gekammt werden. Man gewinnt aber bedeutend an der Höhe, wenn man sie flach auf einander legt und sie nur hin und wider mittelst (durch deshalb gemachte auf einander fallende Ausschnitte) durchgetriebener eichener Schwalbenschwänze unter einander verbindet. Ausserdem werden sie noch mit starken eisernen Schrauben mit Gewalt an einander gepreßt. Man sieht leicht, wie sich Fig. 81. auf eine viel grössere Länge ausdehnen läßt.

§. 138.

Als Beispiel einer gesprengten unbedeckten Jochbrücke, welche mehrere Oeffnungen hat, theilen wir eine Anlage von Wiebeking mit Fig. 84*., 85., 86. und 87. Tab. XV.

Diese Brücke ist aber nicht nur in Bezug auf die oben schon erwähnte Möglichkeit der Verstärkung etwas anders eingerichtet, sondern auch ausserdem von der (§. 136.) angegebenen Einrichtung darin wesentlich verschieden, daß sie keine Bedachung hat. Die Bedachung macht hohe Seitenwände nothwendig, damit die höchsten Lastwägen bequem unter dem Dachgebälke über die Brücke wegfahren können, weshalb die Höhe von der Brückenstraße bis zum Dachgebälke nicht wohl unter 12 rhl. Fuß betragen darf.

Die Wiebekingsche unbedeckte Brücke bedarf in gedachter Hinsicht keiner so hoher Seitenwände; die weit niedrigeren Wände vermindern, nebst der hier wegfallenden Bedachung, den Druck der Brücke ausserordentlich, und geben dem ganzen Brückengebäude ein viel leidlicheres Ansehen. Dagegen gewähren aber auch die niedrigeren Seitenwände keine so kräftige Verspannung in Bezug auf das Hängewerk. Darum verbindet hier Wiebeking die beiden langen Wände durch Querwände nach der Breite der Brücke unterhalb der Brückenstraße. Diese Querwände können aus auf einander liegenden Balken bestehen, welche mittelst angeschnittener Zapfen an beiden Enden in die Hängesäulen eingreifen, die deshalb nicht unter 17″ breit seyn dürfen, damit die eingreifenden

Zapfen wenigstens 5″ dick seyn können. Es ist dann schon genug, wenn nur der oberste und unterste Balken einer solchen Querwand in die Hängesäulen eingreifen; wenigstens bedürfen die übrigen nur etwa $\frac{1}{2}$ Zoll langer Zapfen zum Einstreifen. Auf diese Balkenwände werden nun die Straßenbäume oder Brückenruthen in 1 Zoll tiefe Einschnitte eingelegt, und übrigens so verfahren wie wir oben schon angegeben haben.

Man ersieht aus der Zeichnung, daß hier die oberen Köpfe der Hängesäulen weggelassen sind; dagegen gehen durch die Hängesäulen und durch die durchlaufenden Hölzer $\frac{5}{4}$ bis 1 $\frac{1}{2}$ Zoll dicke eiserne Schrauben, die unten mit Muttern versehen sind, welche, nach vorgängiger Anlegung einer eisernen Platte, an die Träger scharf angezogen werden. Zur Erläuterung sind noch Fig. 88. und 89. besonders beigefügt. Fig. 88. zeigt die beiden zu einer Hängesäule gehörigen Stücke; man könnte aber bey hinlänglicher Dicke der einzelnen Säulenstücke die unteren Köpfe derselben ganz dicht zusammenschließen, und nun die lothrecht durchgehende eiserne Stange unter dem Kopf mit einer Mutter fest anziehen. Diese Einrichtung zeigt Fig. 89., wo man sich die Brücke nach der Länge zu denken hat. Tab. XIV. zeigt noch eine andere Einrichtung einer mit sehr gutem Erfolge vor 18 Jahren im Hohenlohischen wirklich erbauten gesprengten Brücke. Die steinernen Pfeiler sind nur als Ueberreste einer an derselben Stelle weggerissenen älteren Brücke wieder benutzt und ausge-

bessert worden, und sind keineswegs als nothwendige Bestandtheile dieser Brücke anzusehen.

Anm. Verdienen bedachte oder unbedachte Brücken mit Hängewerken den Vorzug? Wenn wir erwägen, daß auch bey den bedeckten die Seitenwände jeder Witterung ausgesetzt sind, daß die Ausdünstungen des Wassers immer frey zu allem Gebälke aufwärts steigen, daß bey nassen Jahreszeiten die Fuhrwerke immerhin den Brückenboden mit wasserreichem Koth überziehen, und daß das so feucht gewordene Holzwerk wegen der Bedachung bey weitem langsamer wieder austrocknet, daß also die durch die Bedeckung gewonnene längere Dauer wenig in Betracht kommen kann, daß dagegen eine bedeckte Brücke wenigstens um die Hälfte kostbarer ist als eine unbedeckte, daß sie nicht nur den darüber Kommenden, die sonst so angenehmen und erheiternden Aussichten über die Flüsse versagen, sondern auch schon von ferne die schönsten Aussichten verdecken, und durch ihr eigenes schlechtes Ansehen dafür nicht den geringsten Ersatz darbiethen — so bestimmen uns alle diese Umstände den unbedeckten den Vorzug einzuräumen, wenn nicht allzu grosser Abstand der Widerlager oder der Jochwände von einander so hohe Seitenwände erfordert, als man zur Vorrichtung einer Bedachung nöthig hätte. Dieses ist aber nie der Fall bey Entfernungen von 60 — 70 Fußen. Die Erbauung solcher bedeckten gesprengten Brücken kann nach meiner Einsicht nur durch die damit bezweckte Verminderung der Anzahl von Jöchern gerechtfertigt werden. Die

vor einigen Jahren in der Schweiz einige Stunden von Winterthur, nur ½ Stunde von Ellikon erbaute bedeckte gesprengte Brücke über die Thur, welche fünf Oeffnungen zu 60′ weit hat, hätte nur dreyer Oeffnungen zu etwa 100′ weit bedurft, also nur zweyer Jöcher statt der jetzigen vier, zumal da die Jochpfähle 18′ tief eingetrieben worden sind. Die bedeckte gesprengte Brücke bey Langenburg im Hohenlohischen hat bey einer Oeffnungsweite von 140′ zwischen den beiden Widerlagern gar keine Jochwand. Ich wiederhohle aber auch hier die für die Ausübung zu wichtige Erinnerung, daß die Tramen von den Ufern gegen die Mitte der Brücke, wo keine Jöcher vorhanden sind, oder allgemeiner jedesmal bis zur Mitte zwischen zweyen Unterlagern, auf die Länge von 24′ wenigstens um 1′ steigen müssen. Die mehr horizontale Lage des Fahrbodens läßt sich, nachdem sich die Brücke gesetzt hat (wodurch sich jenes Steigen vermindert) durch aufgelegte Querbalken leicht herstellen.

§. 139.

Die Abmessungen der einzelnen Hölzer bedürfen keiner sehr genauen Bestimmung, weil man ihnen besonders in Hinsicht auf die mit dem Alter immer mehr zunehmende Abnahme der Tragkraft einen sehr bedeutenden Ueberschuß von Stärke giebt.

Zur Ueberzeugung von hinlänglicher Sicherheit gegen Brüche bey den nachher folgenden Abmessungen, will ich nur eine beiläufige oberflächliche Berechnung vorangehen lassen.

Bey einer 100′ weiten Oeffnung werden die unteren Tramen allemal von beiden Unterlagern hereinwärts gegen die Mitte auf eine gewisse Länge durch die Sprengbüge (§. 136.) hinlänglich unterstützt, so daß ich diese Länge allemal auf 20 Fuße annehmen kann, welches von beiden Enden zusammen 40′ beträgt. Tramen zu 140′ lang, liegen also, fernere Unterstützungen ganz bey Seite gesetzt, zwischen jenen Sprengbügen noch auf eine Länge von 100′ frey. Nehmen wir 3 untere und so auch 3 obere Tramen auf einander, so daß die unteren zusammen die Höhe von 34, die oberen die von 25 Zollen geben, und ihre Dicke zu 11 Zoll, so ist auf 100′ Länge

Kub. Inhalt der unteren = 260 Kub. Fuß
= 52 . 5 K. F. = 52 . 260 Pf. (§. 13.) = 13520 Pf,
also (§. 13.)

$\frac{1}{2}q = 6760$ Pf. für die 3 Balken.

Nehmen wir hier 3 Balken zu $11\frac{1}{3}$ Zoll hoch nach (§. 14. Nro. 2.) an, so hat man, für Förlenholz,

$n = 3$; $b'' = 11$ $\frac{1}{2}nq = 6760$

für 30 Jahre $E = 1439$ $\frac{h}{\lambda} = \frac{11,3}{1200} = 0,0094$

$h'' = 11,3$

also

$$Q = \frac{4^2 \cdot 1439 \cdot 0,0094}{2} \cdot 11,3 \cdot 11 - 6760$$

$$= 12424 - 6760 = 5664 \text{ Pf.}$$

In Bezug auf die oberen Tramen will ich eine zwischen 2 Hängesäulen stehende Hängesäule als herabziehendes Gewicht betrachten, das in der Mitte ei-

nes 28′ langen ganz frey liegenden Balkens angebracht wäre. Für diese Tramen wäre also

$$n = 3 \qquad b'' = 11 \qquad \tfrac{1}{2} n q = 1380 \text{ Pf.}$$

für 30 Jahre $E = 1439$ $\dfrac{h}{\lambda} = \dfrac{8{,}3}{28 \,.\, 12} = 0{,}025$

$$h'' = 8{,}3$$

also

$$Q = \frac{4^2 \,.\, 1439 \,.\, 0{,}025}{2} \,.\, 8{,}3 \,.\, 11 - 1380$$

$$= 26276 - 1380 = 24896$$

Demnach für obere und untere Tramen zusammengenommen

$$Q = 24896 + 5664 = 30560 \text{ Pf.}$$

Soviel könnten die Tramen einer Seitenwand in ihrer Mitte tragen, also die von beyden Seitenwänden

$$2 \,.\, 30560 = 61120 \text{ Pf.}$$

Eine über die Länge von 100′ gleichmäßig vertheilte Last dürfte also

$$2 \,.\, 61120 = 122240 \text{ Pf.} = 1222 \text{ Ztr.}$$

betragen, oder 12,22 Ztr. auf den laufenden Fuß.

Das Gewicht des Brückengebäudes beträgt, außer den schon in Rechnung gebrachten Tramen, auf den laufenden Fuß noch nicht 8,22 Ztr. Also bleiben noch wenigstens 4 Ztr. auf den laufenden Fuß für das Fuhrwerk und andere zufällige Lasten oder 400 Ztr. für die Länge von 100 Fußen und 560 Ztr. für die Länge von 140′ übrig.

Hieraus ersieht man mit völliger Ueberzeugung die Hinlänglichkeit der Tragkraft einer solchen Brücke für Oeffnungsweiten von 140′ auf die Zeitdauer von

40 Jahren, wobey nur $\frac{1}{8}$ der durch Versuche gefundenen Tragkraft von Balken in Rechnung gekommen ist. Dabey ist das Gewicht des Holzes sehr groß in Anschlag gebracht und die Verspannung und Unterstützung der unteren Tramen auf die Länge von 100 Fußen ganz bey Seite gesetzt worden. Man kann aber annehmen, daß hiermit die Tragkraft wenigstens verdoppelt wird, so daß der laufende Fuß der Brücke wenigstens 24 Zentner zu tragen vermag. Wenn wir also auch die Last des Gebäudes selbst zu 12 Ztr. für den laufenden Fuß annehmen, so würde für die zufällige Belastung doch noch eine Tragkraft von wenigstens 12 Ztrn. auf den laufenden Fuß übrig bleiben, welche für die Zeitdauer von 45 Jahren (§. 12.) mehr als hinlänglich wäre. Die jetzt schon gegen 36 Jahre stehende 140′ lange Brücke zu Langenburg dient zur Bestättigung.

§. 140.

Hiernach können wir etwa nachstehende Abmessungen abnehmen.

CXIII. Breite oder Höhe der unteren Tramen

$$= 1{,}5 + \frac{W}{100} \text{ rhl. Fuß.}$$

W ist in Fußen die Weite der Oeffnung (im vorigen §. 140′.)

— — — — der oberen . . . $= 1 + \frac{W}{125}$ Fuß.

Dicke der oberen und unteren Tramen $= 9 + \frac{W}{50}$ Zoll.

Breite der Hängesäulen (nach der Länge der Brücke gemessen) . . . . . $= 12 + \frac{W}{25}$ Zoll.

Dicke der einzelnen Stücke einer Hängesäule
= Dicke der Tramen.

Höhe der Träger . . . . . = $6 + \frac{1}{2}\beta$ Zoll,
β ist die in Fußen ausgestruckte Länge der Träger.

Dicke derselben . . . . . = $5 + \frac{2}{7}\beta$ Zoll.

Breite der Strebhölzer . . . . = $7 + \frac{1}{3}\lambda$ Zoll.
λ ist ihre in Fußen ausgedruckte Länge.

Dicke derselben (nach der Breite der Brücke gemessen) . . . . . = $7 + \frac{1}{10}\lambda$ Zoll.

Breite und Dicke der Windkreuze zwischen den Trägern . . . . . = Dicke der Träger.

Höhe und Dicke der Brückenruthen oder Straßenbäume = $\frac{2}{3}$ von Höhe und Dicke der Träger. Der Stoßpunkt oder die Schiffung zweyer Brükkenruthen muß allemal auf einem Träger aufliegen.

Stärkere Abmessungen der Straßenbäume erschweren ohne Nutzen den Druck auf die Tramen; denn von Brechen einer solchen Brückenruthe kann bey den darüber liegenden Dihlen und den unterhalb anliegenden Windkreuzen nicht die Rede seyn: Sie sind der Gefahr des Brechens bey diesen geringen Abmessungen bey weitem weniger ausgesetzt, als die Tramen bey ihren weit stärkeren Abmessungen.

Dicke des Dihlbodens oder der Deckhölzer statt der Dihlen . . . . . = 5 Zoll.

Pfähle und Hängesäulen müssen aus Eichenholz bestehen. Zu allen übrigen Theilen nimmt man Na-

delholz. Geht die Länge einer Brücke über 140′ hinaus, so errichte man

Für Brückenlängen

von 140 bis 200′ eine Jochwand
— 200 — 300 zwey Jochwände
— 300 — 400 drey —
— 400 — 540 vier —
— 540 — 700 fünf —
u. s. f.

wofern nämlich eine gesprengte Jochbrücke erbaut werden soll.

Achtes Kapitel.

Besondere Anleitung zur Erbauung hölzerner Bogenbrücken, insbesondere mit Fuchsischen Bogenrippen.

§. 411.

Die zu bekannte Erfahrung vom vorzüglichen Widerstande gewölbter Massen leitete sehr natürlich auf den Gedanken, auch hölzerne Brücken in gewölbter Form aufzuführen. Diese Form kam schon bey der vor etwa 36 Jahren erbauten 140′ langen blos von den Widerlagern unterstützten Brücke bey Langenburg in Anwendung. Man ließ sie aber, soviel ich mich erinnere bis zur Mitte nur 24″ hoch steigen, und sie setzte sich allmälig 18″ tief, so daß nur 6″ Wölbung übrig blieben. In der That zeugt dieses

wenige Setzen von einer sehr guten Verzimmerung. Späterhin, vor etlich' und 20 Jahren gerieth ein teutscher Hydrotekt, Fuchs, auf den Gedanken, die Balken gewaltsam zu krümmen und hierdurch eine bedeutende Wölbung zu bewirken. Die Beschreibung seines Verfahrens hat er in seinem prakt. Handbuch für Hydrotechniker (Leipz. 1791) mitgetheilt. Ich betrachte diese Fuchsische Bogenbrücke als diejenige, von der die Epoche der hölzernen Bogenbrücken angerechnet werden muß. Ihre Einrichtung ist höchst einfach.

Ein 50 — 60 Fuß langer Balken wird mit seinen Enden an hinlänglich feste Gegenstände angelehnt, oder auch zwischen zwey hinlänglich starke tief eingerammte und durchlochte Pfähle, welche dann etwa 47 — 57 Fuß weit von einander entfernt seyn mögen, durch die Löcher durchgeschoben, und durch untergesetzte Winden, auch dazwischen angebrachte Hebelärme, aufwärts gebogen, und durch untergeschobene Klötze etwa 14 Tage in dieser Krümmung erhalten.

Dann werden beyde Endstücke, etwa $\frac{3}{7}$ der ganzen Balkenlänge von jedem Ende gegen die Mitte verkammt, wie Fig. 89. * Tab. XI., und auf jedes dieser Endstücke ein Balkenstück von gedachter Länge aufgekammt. Der Balken mit den so aufgekammten Balkenstücken wird nun aufs Neue durch jene Pfähle durchgeschoben und aufs Neue gekrümmt, nunmehr die gebliebene Lücke $\alpha\beta$ durch ein drittes Balkenstück ausgefüllt, und dann erst alle 3 Balkenstücke mit dem unteren Balken durchbohrt, durchlochte eiserne

Platten oben und unten an die Bohrlöcher angelegt, und durchgesteckte 1 — $\frac{5}{4}$ Zoll dicke Schrauben stark angezogen. Hiermit erhält man eine gewölbte Bogenrippe, wie man sie Fig. 89.* sieht.

Dergleichen Bogenrippen vertreten hier die Stelle der unteren Tramen, die blos zu beyden Seiten unter dem Geländer nöthig sind. In diese Bogenrippen werden nun Balken nach der Breite der Brücke etwa 1″ tief eingelassen, wie es die Zeichnung angiebt. Auf diese Balken werden die Geländerschwellen **m m** und die Straßenbäume in 1″ tiefe Einschnitte eingelegt, die Geländer aufgerichtet, und die Brückenruthen mit einem Dihlboden belegt. Es versteht sich, daß auf jeder Seite eine Brückenruthe dicht an die Geländerschwelle angelegt werden müsse. Die Geländerschwellen **m m** können von Eichenholz etwa 9″ dick und 11″ hoch seyn. Für die Brückenruthen genügt bey nacktem Brückenboden eine Dicke von 8″ und Höhe von 10″. Durch die Geländerdocken gehen lothrechte eiserne Stangen mit Kopf und Mutter, wie man aus der Zeichnung ersieht. Wird der Dihlboden mit einem Pflaster bedeckt, so bringt man zwischen den beyden Bogenrippen in der Mitte noch eine Dritte an, und macht die Brückenruthen 12″ hoch, wogegen die mit μ bezeichneten Träger wegbleiben können. Das Pflaster wird dann allemal in Felder eingesetzt, welche durch Rippenhölzer gebildet werden, wovon die **a a** nach der Länge laufen, andere werden nach der Breite der Brücke in jene eingelassen.

Die Bogenrippen greifen mit 5″ dicken Zapfen in eichene Schwellen c ein, in welche auch drey solche Schwellen wie b eingreifen, deren anderes Ende in das Schwellenholz e eingelassen ist. An dem Schwellenholz e sind drey Pfähle wie d eingetrieben, die mit einem Balken k bedeckt sind.

Eigentlich habe ich nur die Konstruktion der Bogenrippen von Fuchs beybehalten. Seine Brücke ist übrigens von der hier Fig. 89.* verschieden, auch seine Art die Balken zu krümmen unbequemer.

Wenn übrigens die Bogenhöhe der unteren Bogenlinie über der zugehörigen Sehne von 60′ auch nur 3′ beträgt, so hält die Brücke doch schon jede Last, womit sie jemals beschwert werden könnte, mit größter Sicherheit auf die längste Dauer §. 12. aus, wenn die Höhe einer solchen zusammengesetzten Bogenrippe auch nur 14 rhl. Zoll betrüge, wozu dann zwey nur 9 Zoll hohe Bogenbalken bey jeder Bogenrippe vollkommen hinlänglich wären, indem solche 4 Zoll tief in einander verkammt werden könnten. Da sich Balken von dieser Stärke in vielen Gegenden noch auf die Länge von 72′ erhalten lassen, so erhellet, daß man dergleichen einfache Bogenbrücken ohne Schwierigkeit noch bis zu Oeffnungsweiten von 70, aufführen könne, wenn man ihnen bey der angegebenen Höhe der einzelnen Bogenrippen eine Bogenhöhe von 4′ und dem Geländer selbst Bogengestalt gäbe. *)

*) Da der obere Bogenbalken der Bogenrippe der Länge nach aus drey Stücken zusammengesetzt ist, so lassen sich leicht sol-

Diese Brücken erhalten nämlich noch mehr Festigkeit, wenn man die Deckbalken **A B C** gleichfalls krümmt, zu dem Ende also die Geländerpfosten von **A** bis **B** und von **C** bis **B** nach einander so erhöht, wie es den sich erhebenden Bogenbalken angemessen ist. Die Beugung kann auf obige Weise geschehen; nachdem sie einige Wochen in diesem gezwängten Zustande gelassen worden, werden sie auf die mittleren Pfosten (welche nach der Länge der Brücke mit Zapfen versehen werden, die etwa 3″ dick seyn können und der Länge nach über den ganzen Pfosten hinlaufen) aufgelegt, und zu beyden Seiten bis auf die Pfosten mittelst Ketten und Hebel herabgezogen, dann mit den durchgesteckten eisernen Stangen festgeschroben.

Die 3 Bogenrippen können nicht nachgeben, ohne die eichenen Schwellenhölzer **m m** (die der Länge nach aus 3 Stücken zusammengesetzt seyn können) und den Bogenbalken **A B C** mit sich herabzubeugen, wogegen sich zugleich die Kreuzbüge des Geländers widersetzen. Der hieraus entstehende gesammte Widerstand ist bey weitem größer als er für die größte Belastung, die eine solche Brücke jemals treffen könnte, zur größtmöglichen Sicherheit zu seyn bräuchte.

§. 142.

Diese Bauart läßt sich nunmehr auch leicht auf Brücken mit mehreren Oeffnungen anwenden, indem

---

che Stücke zu 12″ hoch nehmen, so daß die Höhe der Bogenrippe dann 17″ beträgt.

man auf ähnliche Weise, wie Wiebeking bey seinen Bogenbrücken thut, die Bogentippen an Jochwände anlehnt. Diese Konstruktion läßt sich aus Fig. 94. leicht begreifen, wo M, M Pfähle von 2 einander parallelen Jochwänden sind, die man sich 60′ weit von einander entfernt denken kann; v, v sind angeschrobene noch durch das oben angegebene eiserne Band unterstützte Gurten. Die an den Pfahl y w angestellten eichenen Stützen x reichen hinauf bis zu den Geländerschwellen m m Fig. 89*, und vertreten also die Stelle nicht nur der Schwellen c sondern auch der Balkenwände δ ε Fig. 89*. Der Pfahl y w Fig. 94. vertritt die Stelle vom unteren Theil des Pfostens D E Fig. 89*. Denkt man sich nämlich den Pfosten D E in o p abgeschnitten, und nun nach der Breite der Brücke einen Balken aufgelegt, dessen Durchschnitt s n p o wäre, so vertritt y w Fig. 94. die Stelle des Pfostens D o p Fig. 89*., und der horizontale Balken s n p o wäre der obere horizontale Balken oder die Pette der Jochwand, welche über die sämmtlichen Pfähle der Jochwand hinläufen. Denkt man sich die Geländerschwelle m m und die Brückenruthen Fig. 89*. zur Rechten fortgesetzt, so laufen sie auf solche Weise über die Jochwand weg und es folgt für die nächstfolgende Brückenöffnung wieder dieselbe Konstruktion wie für die vorhergehende.

So lassen sich nach einander so viele Brückenbögen oder Brückenöffnungen erbauen als für die ganze Brückenlänge erfordert werden. Auch in Gegenden

wo man keine sehr starke Nadelholzbäume hat, lassen sich auf diese Weise doch allemal 60′ weite Bögen sprengen, ohne Bogenbalken der Länge nach zusammensetzen zu dürfen. Da eine solche Brücke gepflastert werden kann, welches sehr viel zu ihrer Schonung beiträgt, die Aussenwände einer bedachten Brücke aber gleichfalls dem Regen ausgesetzt sind und sämmtliches Gebälke hier nicht mehr zu leiden hat, als bey einer bedeckten Brücke, und der Dihlboden dem Ruin von den Pferden und Rädern der schweren Fuhrwerke bey weitem weniger ausgesetzt ist als bey den bedachten, welche die Belastung mit einem Pflaster wenigstens nicht auf lange Zeit vertragen; da endlich diese Bogenbrücken bey weitem weniger zu erbauen kosten, und die alljährlich vorfallenden Reparaturen des Dachwerks dabey ganz wegfallen, so wird man wohl einsehen, daß eine solche der bedachten Brücke über die Thur bey Ellikon weit vorgezogen werden müßte.

§. 143.

Man sieht leicht ein, wie solche Bogenrippen auch zu bedeutend grösseren Weiten gebraucht werden können. Man denke sich eine zweite Bogenrippe an die erste der Länge nach angelegt, so daß sie mit ihren stumpfen ganz eben abgeschnittenen Enden zusammenstoßen und so eine Bogenrippe von doppelter Länge bilden, so erhält man, wenn jede nur 50′ lang ist, eine Bogenrippe zu 100′ lang. Unter solcher denke man sich eine gleichfalls 100′ lange ihrer Länge nach aus drey Bogenrippen zusammengesetzte Bogen-

rippe angelegt und mit Schrauben an die obere scharf angezogen, so erhält man eine doppelte Bogenrippe, die nach (§. 141. Note) sehr wohl eine Höhe von 34″ bis 36″ haben kann. Die zusammenstoßenden Enden nehme man aber vor dem Zusammenstoßen an jeder einzelnen Bogenrippe ringsherum zu ein Fuß lang um $\frac{3}{4}$ Zoll ab, treibe dann an dem Ende der einen eine von Eisen gegossene parallelepipedische Hülse an, und dann stoße man die folgende Rippe in eben dieser Hülse dicht an die erstere an. Die gegossene grosse Hülse hat zu dem Ende eine Länge von 2 Fußen; sie hat 2 Paare von etwa 1 Zoll grossen Löchern, um die eingesteckten Enden nachher durchbohren und Schrauben durchstecken zu können, die unten mit Muttern fest angezogen werden. Eine solche 100′ lange 34 — 36 Zoll breite doppelte Bogenrippe kann, wenn auch ihre einzelnen Theile nur 30 bis 32 Zoll hoch gewölbt wären, doch schon eine Bogenhöhe von 8′ geben *). Auf gleiche Weise lassen sich durch Anstoßen mehrerer Bogenrippen der Länge nach hölzerne Bögen zu 150, 200, 250 und mehr Fuße lang sprengen; eine (aus 3 Rippen unter einander bestehende) dreifache Bogenrippe könnte gemächlich

*) Nach §. 59. XXXVII. gehört bey einerley Halbmesser, wenn die Bögen flach sind oder nur einen kleinen Theil von einem Halbkreis ausmachen, zur doppelten Bogenlänge schon beinahe die 4fache Bogenhöhe H. Weil aber die Krümmung gebogener Balken an ihrem Ende allemal von der Kreiskrümmung etwas zurückweicht, so rechne ich nur 8′ Höhe statt etwaiger 10′. Diesen Erfolg haben wir in unserer Gewalt.

eine Breite von 3 . 17 oder 51 Zollen erhalten. Jede einzelne Bogenrippe behält dabey ihre Spannschrauben p' Fig. 89*. Die Hängeeisen oder lange Schrauben q, welche durch alle Bogenrippen durchgehen, werden erst nach Aufstellung der Geländerpfosten durchgesteckt.

§. 144.

Brückenbögen von mehr als als 60' Weite bedürfen schon der Windruthen, welche nach der Breite der Brücke mit Zapfen zu 5 — 6 Zoll stark ins Gevierte durch die äusseren Rippen ganz durchgehen, wie Fig. 89*. bey v, wo die Hängeeisen q durchlaufen. In der mittleren Rippe zwischen den beiden äusseren stoßen jedesmal zwey solche Windruthen mit ihren Zapfen zusammen. Die Windruthen werden unter einander selbst durch Kreuze verbunden, die wegen der bogenförmigen Gestalt der Rippen nun gleichfalls wieder eine Art von Gewölbe bilden, das sich zu unterst an die Schwellen c oder an die Stützen x Fig. 94. anlehnt. Ein 200' weiter Bogen, der aus vier 50' langen Rippen der Länge nach zusammengesetzt wäre, könnte, wenn auch die einzelnen Bogenbalken nur 20'' Wölbung hätten, doch schon sehr leicht bis zu einer Bogenhöhe von 20' steigen, wo es dann darauf ankommt, ob die Lage der Ufer eine solche Erhöhung der Brückenstraße gestattet. Zuweilen kann man, um nicht zu flache Bögen zu erhalten, genöthigt werden, die Ufer selbst noch zu erhöhen, und solche allmälig bis zur fortlaufenden ordentlichen Straße fallen zu lassen. Man kann aber

auch ohne Bedenken die Brückenstraße selbst, wo die Ufer sehr niedrig sind, sanft fallen lassen z. B. auf 30′ Länge um einen Fuß. Zuweilen genügt ein solches Fallen blos bey den äussersten Brückenbögen, die in die Ufer eingreifen; zuweilen ist ein solches Fallen schon von der Mitte der Brücke aus nöthig, da dann die dem Ufer näher stehenden Jochwände immer mehr in der Höhe abnehmen müssen.

Bey doppelten Rippen (die Fig. 89*, welche aus 2 zusammengekammten Bogenbalken besteht, als eine einfache angesehen) bleiben die Windruthen bey v weg. Dagegen wird die obere Rippe an ihrem unteren Rande überall bey q zu 5″ ins Gevierte ausgeschnitten, und eben so an derselben Stelle die anzulegende untere Rippe an ihrem oberen Rande, womit also die doppelte Rippe an jeder Stelle wie q in der Mitte ihrer Breite oder Höhe eine Oeffnung zu 5″ breit und 10″ hoch erhält. In diese werden die Windruthen mit ihren 5″ dicken und 10″ breiten Zapfen eingeschoben. Die mittlere Rippe, zwischen den beiden äusseren ihr parallelen, erhält eine gleiche Oeffnung, in welcher die jedesmaligen eingeschobenen beide Windruthen mit ihren Zapfen zusammenstoßen. Diese Windruthen werden, wie allemal, durch Kreuze unter einander verbunden. Die Hängeeisen q können allemal 12′ weit von einander entfernt seyn.

Bey solchen Brücken mit doppelten Rippen, wo also die Bogenweiten allemal mehr als 60′ betragen, läßt man auch die zwischenliegenden Balken

oder Balkenwände wie μ weg, und verbindet dagegen die übrigen, welche unmittelbar an m m (Fig. 89*.) anliegen, unter einander durch Kreuze, welche nun auch an den Brückenruthen anliegen, welche in diesem Falle bey 9″ Dicke und 11″ Höhe überflüssige Stärke erhalten.

Giebt man dem Bogen oder der Wölbung bey der Weite w′ eine Höhe H in Fußen $= \frac{w'}{12}$, so ist eine Rippenbreite oder Rippenhöhe $h = \frac{w'}{24 + 0{,}1\, w'}$ in Fußen allemal hinlänglich, wenn die Dicke b nicht unter $9'' + \frac{w''}{1000}$ in Zollen genommen wird.

Diese Bestimmungen geben zuverlässig noch mehr als das Sechszehnfache von dem zum Gleichgewicht bey der ersten Erbauung erforderlichen Widerstand, und leiden eben darum noch kleine Abänderungen.

Will man, bey einer bestimmten Bogenweite, H merklich vermindern, so muß man h vergrösseren, doch in geringerem Verhältnisse. Ich setze daher

CXIV.
$$\begin{cases} H' = \dfrac{w'}{12 \mp n} \\ h' = \dfrac{w'}{24 \mp n + 0{,}1 \cdot w'} \\ b'' = 9'' + \dfrac{w''}{1000} \end{cases}$$

Es soll aber H′ nie kleiner als $\frac{1}{24}\, w'$ seyn, also auch n nie grösser als 12; dagegen könnte aber

auch sogar $H' = \frac{1}{8} w'$ gemacht werden z. B. bey einem 100 Fuß weiten Bogen, so daß n im Nenner des Werthes von H abgezogen würde, wo ich aber doch n nie über 4 nehmen würde. Für beide Fälle können die Angaben CXIV. beibehalten werden. Wäre z. B. $w' = 300$, und nähme man $n = 12$, so würde $H' = \frac{300}{24} = 12{,}5'$; $h' = \frac{300}{24 - 12 + 30}$ $= 7{,}1'$; $b'' = 9 + \frac{3600}{1000} = 12{,}6''$. Für $w' = 100$ und $n = 0$, wäre $H' = 8\frac{1}{3}'$ $h = \frac{100}{24 + 10} = 3'$; $b'' = 9 + 1{,}2 = 10{,}2''$.

Anm. Fuchs selbst hat sich auf einfache Bogenrippen und eben darum auch nur auf den Gedanken beschränkt, mittelst solcher einfacher Rippen nur 50 — 60 Fuß lange Brücken anzulegen. Mir hat es um so viel wichtiger geschienen, hier zu zeigen, wie sich solche Rippen zur Erbauung der größten Brücken sehr bequem anwenden lassen. Das Aufschlagen einer solchen Brücke ist äusserst leicht, weil eine einfache, wenn gleich der Länge nach aus mehreren Stücken mittelst jener starken Hülsen zusammengesetzte, Rippe, wenn solche nicht über 150 Zentner wiegt, in ihrer ganzen Zusammensetzung mittelst 10 Flaschenzügen auf einmal aufgezogen werden kann. Wäre ihr Gewicht viel bedeutender, so kann sie theilweis aufgezogen, durch Gerüste und Klötze unterstützt und über solchen vollends

zuſammengeſetzt werden. Sind, wo doppelte oder dreifache Rippen nöthig ſind, nur die unterſten einfachen gelegt, ſo können über ſolchen die höher liegenden theilweis zuſammengeſetzt werden. Da bey doppelten und dreifachen Rippen die Balken μ wegbleiben, ſo kann man an dieſen Stellen, alſo jedesmal in der Mitte zwiſchen ein paar Hängeeiſen q ſämmtliche Rippen mit durchlaufenden Schrauben zuſammenpreſſen. Bevor die zweite Rippe aufgelegt wird, werden die Windruthen mit den Kreuzen gehörig angebracht. Alles übrige giebt ſich ohne alle Schwierigkeit. Ich muß noch bemerken, daß mich die Wiebekingſchen Bogenbrücken zu dieſer Anwendung der von Fuchs angegebenen einfachen Bogenrippen veranlaßt haben. Wir werden dieſelben in den folgenden §§. näher kennen lernen, und dabey uns mehr ins Einzelne einlaſſen, als im Bisherigen geſchehen iſt.

Neuntes Kapitel.

Beſondere Betrachtungen über die Wiebekingſchen Bogenbrücken.

I. Anſtalten zur Krümmung der Balken.

§. 145.

So leicht die von Fuchs angegebene Bogenrippe an die Erbauung großer Bogenbrücken mittelſt

gekrümmter Balken erinnern konnte, ſo unterblieb doch dieſe Anwendung bis zu den von unpartheiſchen Kennern mit Recht bewunderten Brückenanlagen, welche Wiebeking erſt in dieſem Jahrhunderte in Baiern veranſtaltete. Man findet die Beſchreibung dieſer Brückenanlagen in ſeinen im Jahr 1809 herausgegebenen Beyträgen zur Brückenbaukunde, mit allen dahin gehörigen Zeichnungen. Da ich die vorzüglichſten von ihnen ſelbſt in Augenſchein genommen und ihr Verhalten beym Ueberfahren ſorgfältig beobachtet habe, ſo kann ich meinen Leſern in Bezug auf die Brauchbarkeit dieſer Bogenbrücken die Beruhigung mittheilen, daß ſie ſich durch ihre ſehr ſolide Bauart jedem Unbefangenen empfehlen und durch die gleich ins Auge fallende Vollkommenheit ihres Baues, die freilich in ſpäteren Anlagen immer mehr gewinnen mußte, alle Ausſtreuungen widerlegen, welche theils Mangel an Kenntniß des Artiſtiſchen odes des Faktiſchen, theils Neid, Mißgunſt und Bosheit, (die ſich ein Geſchäft daraus machten, um einiger früherer leicht zu beſeitigender Mängel willen dieſe Art von Brücken ganz zu verwerfen), verbreitet haben. Werden ſchadhafte Hölzer dabey gebraucht, die Pfähle der Jochwände oder die Grundpfähle der Widerlager nicht gehörig eingerammt, Schrauben nicht gehörig angezogen, eine 12 Zoll hohe Steinbedeckung ſtatt einer vorgeſchriebenen 5 Zoll hohen aufgelegt u. dgl. ſo iſt begreiflich, daß Erfolge eintreten können, die für den Beſtand der Brücke das Schlimmſte fürchten laſſen, die aber

deßhalb Niemanden und am wenigsten einen Sachverständigen berechtigen, die ganze Bauart zu verwerfen. Es ist bekannt, daß bey einigen von Wiebeking erbauten hölzernen Bogenbrücken sehr nachtheilige Erscheinungen der Art wirklich eingetreten sind, welche die Schadenfreude sobald als möglich bekannt machte. Aber Niemanden fiel es ein, die Nachricht auszustreuen, daß weiteren Folgen bald und auf eine leichte Weise vorgebeugt und hiermit, ungeachtet der schon eingetretenen Schwächung der ursprünglichen Tragkraft, der vollkommene Bestand der Brücke, ohne daß sie einer Schonung bedurft hätte, in dem Maaße hergestellt und bewährt wurde, wie es die größtmögliche Sicherheit in der Ausübung erfordert. Die Erfahrung hat also über den sichern Bestand solcher Brücken vollkommen entschieden. Diejenige Bogenbrücke, welche Wiebeking $\frac{1807}{1808}$ über den Lech bey Augsburg erbaut hat (Fig. 98.), wollen wir hier zum Muster nehmen, weil der Lech bey anschwellendem Wasser zu den reisendsten Flüssen gehört *) und im ganzen Königreiche Baiern keine Brücke von so vielen schweren Lastwägen befahren wird, als diese. Ein nicht geringes Verdienst dieses Mannes um die hölzernen Brücken ist auch das, daß er mit großen Balken schätzbare Versuche in Bezug auf ihre Beugsamkeit und Tragkraft angestellt hat, wovon ich in der Folge einige Resultate mittheilen werde.

*) Flüsse, deren Geschw. für eine Sek. 4 Fuß beträgt, können schon reisend genannt werden. Der Lech hat öfters eine Geschw. von 6 und mehr Fußen.

§. 146.

Die erste hier vorkommende Frage ist die blos geometrische:

Wenn auf DE (Fig. 90.) in der Mitte v ein Pfosten vB eingesetzt ist, neben dem in gegebenen Entfernungen vo gleichfalls Pfosten, wie om, pA, qC eingesetzt sind; und wenn nun ein auf B in seiner Mitte aufgelegter Balken bis in A, m, m, C herabgebogen werden soll, so daß A, m. B, m, C in einem Kreisbogen von gegebenem Halbmesser Bu liegen sollen: wie groß muß in jeder Stelle o die Höhe mo genommen werden?

Es sey qs der zum Bogen ABC gehörige horizontale Durchmesser, welcher mit dem Halbm. Bu einen rechten Winkel mache, so ist, wo auch m liegen mag,

$$mn = tm - (Bu - BD) = tm + BD - Bu$$

Setzt man nun $ut = vo = x$; $Bu = r$, die verlangte Bogenhöhe $BD = H$, die Höhe $Ap = qC$ am Ende $= a$, und die gesuchte Höhe $om = y$, so erhält man

CXV. $y = \sqrt{(r^2 - x^2)} + H + a - r$

Hiernach lassen sich also in jeder Entfernung ov Pfosten aufstellen, welche die zur vorgeschriebenen Bogenhöhe BD erforderliche Höhe om haben, bis zu welcher der Balken AmBmC herabgezogen werden muß.

§. 147.

Die Aufgabe sey nun z. B. einen 150' weiten

Bogen der Länge nach aus 3 Bogenbalken zusammenzusetzen, so daß sie zusammen eine Bogenhöhe von 12′ geben, so hat man w = 150, H = 12, also (XXXI.) $r = \frac{22500 + 576}{96} = 240{,}4'$.

Der zum 150′ weiten Bogen von diesem Halbmesser gehörige Centriwinkel sey α, so ist $\frac{\frac{1}{2} w}{r}$ $= \frac{75}{240{,}4} = 0{,}312 =$ Sin. $\frac{1}{2}\alpha$, und die Tafeln geben nunmehr $\frac{1}{2}\alpha = 18° 11'$, also $\alpha = 36° 22'$.

Die hierzu gehörige Bogenlänge ist $\frac{36{,}36}{360}$. $3{,}141 . 2r = 152{,}65'$. Man braucht also hierzu drey Bogenbalken zu $\frac{152{,}6}{3} = 50{,}88'$ lang, wofür wir 51′ setzen.

Zu $\frac{1}{3}\alpha$ oder 12° 7′ gehört $2 \times r$. Sin. 6° 3′ oder 481 . 0,105396 = 50,7′ als Sehne.

Es ist ferner Cos. 6° 3′ = 0,994430, also die Höhe des zu $\frac{1}{3}\alpha$ gehörigen Bogens über seiner Sehne = 240,4 . (1. — 0,99443) = 240,4 . 0,00557 = 1,337′ = 16,044″, also noch sehr genau die Bogenhöhe von $\frac{1}{3}\alpha = \frac{1}{3}$ der Bogenhöhe von α.

Demnach dürfte jeder der drey 51′ langen Balken nur bis zu einer Höhe von 16″ gespannt werden.

Die Wiebekingsche Weise, die Balken zu krümmen, kann man bey ihm nachlesen *). Ich würde auf nachstehende Weise verfahren:

*) Wiebeking läßt die Balken auf Lagern herabziehen und zwar

Man schlage, in etwa 20 bis 22 Zoll Entfernung von einander (im Lichten verstanden) drey Pfähle a, b, c (Fig. I. Tab. XIV.) so tief ein, bis sie mit einem 4—5 Zentner schweren Rammklotze zum Stehen kommen.

Man hebe dann von a bis c den Boden etwa 1′ tief aus, und lege in diese Vertiefung ein etwa 1′ hohes Joch, wie Fig. IV., das die 3 Pfähle umschließt.

Etwa 16″ hoch über der oberen Fläche dieses Jochs schneide man die Pfähle ab.

In Entfernungen zu 9′, 20′ und 30′ von a und von c treibe man dergleichen Pfähle wie m ein, und schließe jedes mit ac parallel liegende Paar gleichfalls in ein in den Boden gelegtes Joch ein. In jedem solchen Joche mögen die, wie vorhin abgeschnittenen Pfahlköpfe etwa 12′ weit im Lichten von einander abstehen, um in jedem Falle Raum genug zur Seitenbeugung zu behalten.

Zur weiteren Vorbereitung braucht man noch Zwingen wie k, p, q, durch welche die Balken durch-

---

auf die Länge von ganzen Brückenöffnungsweiten. Die hiermit verbundenen Weitläuftigkeiten könnten beinahe Widerwillen gegen diesen Brückenbau erwecken. Doch hatte ich in dem schon zum Druck übergebenen Manuscript dieses Verfahren in Ermangelung eines besseren beibehalten, und daher vorher vom Herabziehen der Balken gesprochen. Erst späterhin verfiel ich auf das hier angegebene Verfahren, und änderte hiernach diesen §. im Manuscript noch ab.

laufen, daher k z. B. wie Fig. II., und q wie Fig. III. aussieht.

Nach diesen Vorbereitungen schreitet man nun zum Krümmen der Balken.

Man schiebt zwey Balken durch alle sechs Zwingen durch, legt den A B an den Pfahlkopf a, und den C D an den c an, und treibt zu beyden Seiten des Pfahlkopfs b kölzerne Keile zwischen den Pfahlkopf und den Balken ein, um die beyden Balken in ihrer Mitte fest zu spannen.

Nunmehr werden die beyden Balken so von einander abgezogen, daß sie sich bey α nach der vorgezeichneten Krümmung von einander entfernen. Dieses geschieht mittelst starker Ketten und langer Hebelbäume, die man mit ihren kurzen Hebelärmen oder mit ihren Enden an die Pfahlköpfe m anstemmt. Sobald man die Balken gegen ihre Enden hin nur etwas von einander entfernt hat, kann man dem ferneren Krümmen durch große Keile, die man zwischen den Balken eintreibt, zu Hülfe kommen.

Sobald die Balken in den Jöchern bey α die gehörige Seitenbeugung erhalten haben, wird der zu beyden Seiten eines jeden Balkens in der Oeffnung des Jochs leer gebliebene Raum durch zwischengesetzte Klötze oder eingetriebene Keile ausgefüllt, so daß beyde Balken nunmehr in den Jöchern α fest verspannt sind.

Auf gleiche Weise verfährt man an den Stellen β und γ, wo die Balken nach bewirkter Krümmung

gleichfalls in den Jöchern durch eingesetzte Klötze ihre feste Verspannung erhalten.

Ich habe auf jeder Seite der Mittellinie a c hier nur 3 Jöcher angebracht. Es hängt aber diese Anzahl von der Länge der Balken ab, und man thut wohl, wenn man die Entfernungen der Jöcher k von den Pfählen a, b, c und ihre Entfernungen unter einander im Lichten nicht über 5 höchstens 6 Fuße nimmt.

Man kann die einzelnen Balken um 4″ länger nehmen, als man sie zu einem Brückenbogen nöthig hat. Soll z. B. die ganze Bogenlänge 150′ betragen, so könnte man diese durch 3 Balkenlängen von 50′ erhalten, wofür man dann 3 Balken zu 54′ lang einspannt. Nur dürfen die über einander liegenden Bogenbalken nicht gleiche Länge haben, damit die (etwa 22 bis 24 Zoll langen) Schiffungen eines oberen und unteren Balkenbogens nicht auf einander fallen. Der auf diesen 3 Balkenbogenstücken liegende obere Bogenbalken müßte daher aus 4 Stücken der Länge nach zusammengesetzt werden. Es ist z. B. 36 + 36 + 48 + 30 = 150; giebt man also den 4 Balken beym Krümmen jedem 4′ zu, so erhält man die Längen 40′, 40′, 52′, 34′. Einem weiter aufwärts liegenden 3ten Balkenbogen kann man wieder dieselben Abtheilungen geben wie dem ersten zu 50′, so daß 54′ lange Balken gekrümmt werden.

Wenn alle Balken gekrümmt sind, so werden sie gehörig abgelängt. Bey dieser Ablängung muß man für jede Schiffung der Balkenlänge soviel zu-

geben, als die halbe Schiffungslänge beträgt. Hat also ein Balken zwey Schiffungsenden zu 22″ lang, so giebt man ihm, wenn er ohne Schiffung 50′ lang seyn müßte, $50' + 2 \cdot 11'' = 51' 10''$ zur Länge.

Sind ein paar Bogenbalken durch die Jöcher gehörig verspannt, so bringt man Zwingen δ, ε, ζ, die wie Fig. V. gestaltet sind, zwischen solche, läßt ihnen nur die Jöcher α, und nimmt alle übrige wie β, γ etc. weg.

Die Keile zu beyden Seiten von b, zwischen b und den beyden Bögen, werden herausgeschlagen, und die in α, δ, ε und ζ verspannten Balken werden (mit ihren Verspannungen) zwischen den Pfählen herausgenommen und zur Seite gelegt.

Dann wird ein zweytes Paar eingespannt u. s. f. bis man die erforderliche Anzahl zusammengebracht hat.

Weil aber alle gekrümmte Balken, wenn man sie auch 2 Monate so verspannt liegen läßt, nach aufgehobener Verspannung wieder zu einer beträchtlichen Verflächung zurückspringen, so thut man wohl, wenn man sie bey α um $\frac{1}{5}''$, bey β um 2″, bey γ um $4\frac{1}{5}''$ und bey ζ um 8″ stärker krümmt als man sie eigentlich verlangt.

II. Verschiedenheit der Beugungen eines Balkens nach Verschiedenheit seiner Abmessungen und der angebrachten Kräfte.

§. 148.

Die wichtigsten auf unseren Gegenstand passen-

den Versuche sind die von Wiebeking (Beytr. zur Brückenbauk. S. 78) angestellten. Sie wurden mit einem 53½ Fuß langen, 16″ ins Gevierte starken fichtenen Balken (Bair. Maaß) angestellt. Der Balken lag in seiner Mitte auf und wurde an beyden Enden durch Gewichte niedergezogen. Die Resultate waren folgende:

	Tiefe der Beugung.		Angebrachte beugende Kraft in Bair. Pf.	Ganze Zugkraft mit Inbegriff v. ¼ des Balkengewichts à 547 Pf.
I.	5″	8‴ = 68‴	2345	2892
II.	10″	6‴ = 126‴	2825	3372
III.	11″	1‴ = 133‴	3345	3892
IV.	12″	10‴ = 154‴	3825	4372
V.	16″	1‴ = 193‴	4305	4852
VI.	17″	11‴ = 215‴	5545	6092
VII.	20″	0‴ = 240‴	6505	7052

Anm. Aus Nro. VII. werden wir überzeugt, daß wir zu den oben (§. 147.) angegebenen Beugungen den Hebelbalken an seinem Ende nie mit mehr als 15 Zentnern zu beschweren brauchen, wozu uns schon ein etwa 36′ langer Balken hinlänglich seyn kann, wenn solcher am Ende des Hebelbalkens aufgelegt wird. Es können aber dabey auch immer Keile nachgetrieben werden.

§. 149.

Außerdem theilt Wiebeking noch andere von ihm angestellte Versuche mit, bey welchen drey auf einander liegende 50½ Fuß lange 10″ ins Gevierte starke

fichtene Balken am einen Ende niedergezogen wurden, indeß das andere fest lag, und die Balken in der Mitte unterstützt waren. Die Resultate dieser Versuche waren folgende:

	Tiefe der Beugung.	Angebrachte beugende Kraft. Bair. Pf.	Zugkraft mit Inbegriff von $\frac{1}{4}$ des Balkengewichts (v. d. 3 Balken) à 573 Pf.
I.	11″ 8‴ = 140‴	2343	2916
II.	17″ 10‴ = 214‴	2823	3369
III.	23″ 6‴ = 282‴	3303	3876
IV.	35″ 0‴ = 420‴	4283	4856
V.	46″ 0‴ = 552‴	5223	5796

Da diese auf einander liegenden Balken konzentrisch gekrümmt werden mußten, so fällt in die Augen, daß der 2te von unten einen größern Krümmungshalbmesser haben mußte als der untere und der 3te wieder einen größeren als der 2te, daß sie also eigentlich nicht alle gleich stark gekrümmt waren, welches bey aufeinander liegenden Bogenbalken allemal der Fall ist. Indessen bleibt in den hier vorkommenden Fällen der Unterschied der Krümmung unbedeutend, weil die Krümmungshalbmesser hier allemal sehr groß sind. Man nimmt daher den Krümmungshalbmesser des mittleren Balkens als gemeinschaftlichen Krümmungshalbmesser an.

Es darf aber hierbey nicht übersehen werden, daß das Aufeinanderliegen der Balken, welche beim Niederziehen mit äusserster Gewalt an einander gepreßt

preßt werden, sowohl dem Zusammenstauchen der Fibern in der Nähe der unteren Balkenflächen, als dem Auseinanderziehen derselben in der Nähe der oberen sehr hinderlich fällt, und daß eben darum, weil doch ohne ein solches Zusammenstauchen und Auseinanderziehen die Beugung der Balken nicht erfolgen kann, die einzeln auf einander liegenden Balken sich ihrer Beugung merklich mehr widersetzen müssen, als sie ohne dieses Aufeinanderliegen thun würden. Es erfordern also 3 auf einander liegende Balken zu ihrer Beugung auf eine bestimmte Tiefe mehr als das Dreifache der zur Beugung eines einzelnen Bogens erforderlichen Kraft. Ausserdem erfolgt aber auch die Beugung dreier auf einander liegender Balken gleichförmiger als bey einem einzelnen. Indem nämlich die zuerst erfolgende Krümmung am Scheitel durch gedachte Zusammenpressung sehr erschwert wird, so daß der schon etwas gekrümmte nahe am Scheitel liegende Theil der Balken sich fernerer Krümmung widersetzt, zeigen sich die vom Scheitel entfernteren Theile, welche noch weniger gekrümmt und wegen der geringeren Hebellänge noch weniger gepreßt sind, zur Beugung geneigter, und so krümmen sich nach und nach die immer weiter vom Scheitel abliegenden Theile gleichmässiger als bey der Beugung eines einzelnen Balkens, es werden also die Fibern gleichmässiger auseinander gedehnt, und die stärkere Ausdehnung am Scheitel, welche das Knacken verursacht, verhütet. Darum zeigten auch die Wiebekingschen Versuche,

daß mehrere auf einander liegende Balken einer stärkeren Krümmung fähig sind, ohne zu knacken, als ein einzelner.

§. 150.

Die Summe aller Zugkräfte (§. 148.) ist 32524 Pf.; die Summe aller zugehörigen Senkungen = 1129‴. Man erhält also 0,0347‴ Senkung oder Beugung auf 1 Pf.

Zwar geben in dortiger Tafel die nach einander folgenden Beobachtungen immer stärkere Senkungen; wenn man aber erwägt, daß die Hölzer gerade anfänglich d. h. den ersten Veränderungen am meisten widerstehen; daß solche, den Zugkräften länger ausgesetzt, sich merklich tiefer gesenkt haben würden, und daß bey jeder folgenden Beobachtung dem Niederbeugen die auf die vorhergehende Beobachtung schon verwendete Zeit zu statten kam, so daß sie der Wirkung der Zugkräfte länger ausgesetzt war, so wird man keinen Anstand nehmen dürfen, jenes arithmetische Mittel für die geringeren Senkungen wie für die grösseren anzunehmen, so daß man für P Pfunde (mit Inbegriff von $\frac{1}{4}$ des ganzen in seiner Mitte unterstützten Balkens) die Senkung = 0,0347‴ . P setzt. Dieses um so mehr, weil man hiernach die Senkungen für kleinere Zugkräfte allenfalls grösser findet, als sie etwa seyn mögten, überhaupt aber genauere Bestimmungen da nicht verlangt werden können, wo solche schon der Natur der Sache nach nicht statt finden, indem jeder andere Versuch mit anderen Balken von denselben Abmessungen wieder

andere Resultate liefert. Wir müssen in der Ausübung allemal darauf rechnen, daß die Folgen aus solchen Beobachtungen nur beiläufige Resultate geben, deren Abweichung von der Wahrheit wir durch Sicherheitsmaaßregeln in Begründung unserer Formeln ganz unschädlich machen, indem wir bey diesen Maaßregeln auf die stärksten Abweichungen Rücksicht nehmen.

§. 151.

Die Balkenhöhe hat einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Beugung, einen bedeutend grösseren als auf die respektive Festigkeit, weil es bey letzterer nur auf den Unterschied an einer Stelle, nämlich in der Bruchebene ankommt, bey ersterer aber die grössere Beugsamkeit sich in allen Stellen nach der ganzen länge des Balkens zeigt, so daß der Balken nicht etwa nur auf eine kurze Strecke vom Scheitel herab gebogen wird und dann als gerader Balken fortlauft, sondern jeder folgende Theil immer wieder vom vorhergehenden abgebogen wird. Daher wird bey einerley beugender Kraft die Beugung dünnerer Balken ungemein viel grösser als die von stärkeren.

Da nun schon die Festigkeit vom Quadrat der Balkenhöhe abhängt, so müssen die zu einerley Senkungen erforderlichen Kräfte beiläufig von den Würfeln der Balkenhöhen abhängen. Wem diese Schlüsse, deren Auseinandersetzung hier zu weitläuftig seyn würde, zu bedenklich scheinen sollten, der mag sich damit begnügen, daß die Resultate der Erfahrung wenigstens so gut damit übereinstimmen,

als es für die Folgen nöthig ist, welche wir daraus ziehen werden. Hiernach hat man also, wenn die am Ende eines in seiner Mitte unterstützten 50 $\frac{1}{2}$ Bair. Fuß langen Balkens besonders angebrachte Zugkraft mit P bezeichnet wird, und β''' die Höhe des Balkens in Zollen ist,

Die Senkung
von 1 Pf. $= \frac{16^3}{(\beta''')^3} \cdot 0{,}0347'''$ (§. 148. und 150.)
(mit Inbegriff des
$\frac{1}{4}$ Balkengewichts.)

Die Senkung bey Q Pf. mit Inbegriff von $\frac{1}{4}$B oder $\frac{1}{4}$ des ganzen Balkengewichts $\Big\} = \frac{16^3}{(\beta''')^3} \cdot 0{,}0347 \cdot Q$ in Linien.

Bezeichnen wir also diese Senkung am Ende des Balkens in Linien mit H''', so wird

CXVI. $H''' = \frac{16^3}{(\beta''')^3} \cdot 0{,}0347 \cdot (P + \frac{1}{4} B)$

und

CXVII. $P = 0{,}00704 \cdot (\beta''')^3 \cdot H''' - \frac{1}{4} B$
in Berl. Pfunden.

wofern die (horizontal gemessene) Dicke des Balkens wie bey den Versuchen $= 16''$ wäre.

§. 152.

Die gesammte erforderliche Beugungskraft bleibt übrigens der horizontal genommenen Dicke proportional; ist diese in Zollen $= \delta''$, so hat man für den 53 $\frac{1}{2}'$ langen Balken

$$P + \tfrac{1}{4} B = \frac{\delta''}{16} . 0{,}00704 . (\beta'')^3 . H'''$$

Daher

$$P = 0{,}00044 . \delta'' . (\beta'')^3 . H''' - \tfrac{1}{4} B \text{ in Pfunden.}$$

Bey flachen Bögen, wie sie bey Bogenbrücken vorkommen, verhält sich bey Bögen von verschiedener Länge die Senkung beiläufig wie das Quadrat der Länge, überdas das stat. Moment der Kraft beinahe wie die Bogenlänge; bezeichnen wir also die vom Scheitel herabgezogene Bogenlänge mit $\frac{1}{2} \lambda'$ oder kürzer mit l' in Bezug auf bair. Fuße, so ist beiläufig

$$P + \tfrac{1}{4} B = \frac{(26\tfrac{3}{4})^3}{(l')^3} . 0{,}00044 . \delta'' . (\beta'')^3 . H'''$$

wo B das Gewicht eines solchen Balkens für die Länge $2 l'$ ist.

oder

$$\text{CXVIII.} \quad P = 8{,}48 . \frac{\delta'' . (\beta'')^3 . H'''}{(l')^3} - \tfrac{1}{4} B$$

§. 153.

Bey den Versuchen (§. 149.) gehört zur Summe von $1608'''$ die Summe von 20840 Pf., wobey aber 3 Balken auf einander lagen. Da die Balken mit ihren Enden nicht befestigt waren, sondern sich frey über einander verrücken konnten, so können wir den 3 Balken nur beiläufig den 3fachen Widerstand gegen die Beugung zuschreiben.

Wir haben also für einen einzelnen 10 zölligen Balken beiläufig 7000 Pf. in Rechnung zu bringen, für die Summe von $1608'''$, oder 3500 Pf. für eine Senkung von $804'''$. Setzen wir nun

$$\delta'' = 10 \qquad l' = 25{,}25$$
$$\beta'' = 10 \qquad P + \tfrac{1}{4}B = 3500 \text{ Pf.}$$
$$H''' = 804$$

so erhalten wir statt CXVIII. jetzt

$$P + \tfrac{1}{4}B = x \cdot \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 804}{25{,}25^3}$$

also

$$x = \frac{25{,}25^3 \cdot 3500}{8040000} = \frac{5634{,}4365}{804} = 7$$

In CXVIII. war $x = 8{,}48$. Da beyde Werthe sich vom mittleren $\frac{7 + 8{,}48}{2} = 7{,}74$ nicht weit entfernen, so behalten wir diesen mittleren Werth bey, und setzen also

CXIX. $$P = 7{,}74 \cdot \frac{\delta'' \cdot (\beta'')^3 \cdot H'''}{(l')^3} - \tfrac{1}{4}B$$

als hierher gehörige Fundamentalgleichung. Sie giebt nun auch

CXX. $$H''' = \frac{(l')^3 \cdot (P + \tfrac{1}{4}B)}{7{,}74 \cdot \delta'' \cdot (\beta'')^3}$$

Auf scharfe Bestimmungen kann es hier nicht abgesehen seyn, sondern nur auf analogische, welche überdas schon Erfahrungen im Großen, wie sie bey Brücken vorkommen, für sich haben. Denn daß es Erfahrungen geben müsse, welche unserer Formel nicht entsprechen, läßt sich aus den mannigfaltigen zufälligen Einwirkungen und Erscheinungen, welchen das Holz unterworfen ist, leicht begreifen.

In der Anwendung auf Brückenbögen aber haben wir beym Gebrauche unserer Grundformel um so weniger nachtheilige Resultate zu fürchten, weil wir uns dabey nie auf einzelne Bogenbalken] und nicht

einmal auf einzelne zusammengesetzte Bogenrippen verlassen dürfen, sondern deren allemal 3 annehmen, so daß zufällig beygemischte schwächere Stellen, die sich bey einzelnen Balken finden, hierdurch bey weitem unschädlicher werden.

III Gränzen für die Spannung hölzerner Bögen.

§. 154.

Es ist schon oben (§. 17.) bemerkt worden, daß es für die Beugung der Balken eine gewisse Gränze geben müsse, über welche hinaus die Tragkraft kleiner wäre als bey geraden Balken. Zum Beyspiele dient uns eine von Wiebeking (Allgem. Wasserbauk 3r Bd. S. 313) mitgetheilte Erfahrung bey einem kiefernen Balken, welcher 50 Bair. Fuß lang und 1′ ins Gevierte stark war.

Liegt dieser Balken mit beyden Enden frey auf, so dient uns §. 12. IV *. Dabey wird $\frac{b}{\lambda} = 0{,}02$; $h = 11{,}088''$ rhl. also $h^3 = 123$; $2ek$ oder E für die Dauer von 1 Jahr (§. 12.) $= 5756$, also

$$Q = 5756 \,.\, 0{,}02 \,.\, 123 - \tfrac{1}{3}q$$

Setzen wir den Bair. K. F. Kiefernholz $= 40$ Berl. Pf. *), so wird $q = 2000$ Pf., also

*) Ich weiß sehr wohl, daß diese Zahl zu groß ist, wollte sie aber, da ich sie an mehreren Stellen so gebraucht hatte, bey der Revision des Mspts. nicht abändern, um nicht die ganze Rechnung abändern zu müssen, da doch das Resultat am Ende nicht merklich abgeändert werden würde, und die Resultate für die Ausübung nur um soviel sicherer werden.

$Q = 5756 \cdot 2{,}46 - 1000 = 13160$ Pf.

Für den ersten Tag hätte man

$Q = 11512 \cdot 2{,}46 - 1000 = 27320$ Pf.

wenigstens beyläufig.

Wiebeking spannte eben diesen Balken zwischen zwey festen Widerlagern zu einer Bogenhöhe von 2,5′ also zu $\frac{1}{50}$ seiner Länge. Als der Scheitel mit 12056 Pf. Bair. oder 14441 Pf. Berl. belastet war, sank er 63‴ tief Bair. oder 58,2‴ rhl. Da man noch 2155 Pf. Berl. zulegte, brach alsbald der Bogen. Ein solcher Bogenbalken brach also alsbald von noch nicht $\frac{2}{3}$ derjenigen Last, die er wenigstens einen Tag lang als gerader Balken frey aufgelegt hätte tragen können. Der Satz, daß Bogenbalken wegen ihrer Wölbung eine größere Tragkraft hätten als gerade Balken von denselben Abmessungen, bedarf also einer sehr großen Einschränkung, und es ist in Bezug auf den Gebrauch der Balkenbögen höchst wichtig, diese Beschränkung näher kennen zu lernen. Wir müssen nämlich mit größter Sicherheit für die Ausübung die Belastung angeben können, deren ein Bogenbalken fähig ist, ohne bis zu einer Tiefe niedergedruckt zu werden, bey der die Krümmung der beyden Bogenschenkel so bedeutend würde, daß sich die Beugung dem Maximum zu sehr näherte, dessen der Balken fähig wäre.

§. 155.

Eine rein theoretische Auflösung unseres Problems wäre eine ganz vergebliche Bemühung. Die Mathematik kann uns hier nur als Wegweiser dienen,

um einen Standpunkt zu finden, aus welchem wir diesen Gegenstand zu betrachten haben, um vorliegende Erfahrungen von einzelnen Fällen zur Ableitung sicherer Resultate für die Ausübung benutzen zu können.

Es sey d γ c γ d (Fig. 92.) die Mittellinie eines zwischen hinlänglich festen Widerlagern gespannten Bogens; wird dieser in seinem Scheitel mit einer Last Q beschwert, so muß der Scheitel c sinken, und die in der Nähe liegenden Stellen der Mittellinie sinken bis zu einer gewissen Gränze mit, so daß daraus eine veränderte Linie hervorgeht, wie z. B. die (Fig. 92.) d o n π n o d, von der ein Theil, wie n π n, konkav niedergedruckt ist, der dann zu beyden Seiten mit den konvexen Bögen n o d zusammenhängt, so daß in n beiderley Bögen, der konkave und der konvexe einerley Tangente haben. Es sey nun k der Mittelpunkt des Bogens n π n; E, E die Mittelpunkte der Bögen d o n, so machen die geraden k n E mit den Tangenten in n rechte Winkel.

Indem beym Niederdrucken die Stellen d unverrückt liegen bleiben, die Stelle n aber niedergedruckt wird, muß die Sehne d n nothwendig kürzer werden, als vor dem Niederdrucken die Sehne zwischen den Stellen d und n war, und ebendarum muß der anfängliche Bogen zwischen d und n bey diesem Niedersinken nothwendig eine größere Höhe erhalten, d. h. er muß aufschwellen, wie d o n *). Und da das

*) Es ist aber leicht einzusehen, daß dennoch die neue Bogen-

Einbeugen bey c mit einem kleinen Stückchen anfangen muß, so sieht man leicht, daß solche Stellen wie v, die nahe beym Scheitel liegen, also ein kleines Stückchen des Balkens in seiner Mitte, wie v v, herabsinken werde, ohne sich in diesem Herabsinken merklich konkav zu krümmen, weil kurze Balkenstücke zu einer nur wenig bemerkbaren Beugung schon eine außerordentliche beugende Kraft erfordern, bey deren Anwendung aber weit eher die viel längeren Seitenschenkel d o v tiefer herabgezogen werden, bis die mit weit größerer Bogenhöhe verbundene Spannung des langen Schenkels der mit soviel geringerer Bogenhöhe verbundenen Spannung des kurzen Balkenstücks das Gleichgewicht hält.

Darum muß es hier verstattet seyn, den Erfolg des Niederdruckens im Scheitel so zu betrachten, als würde dieser bis in m herabgedruckt, wo sich die mit Ed beschriebenen Bögen d o n m einander durchschneiden, so daß die c d in die Lage m d herabgedruckt, und die Bogen c γ d in die m o d abgeändert oder aufgeschwellt würden, wo also jeder dieser Schenkel seine Länge l oder $\frac{1}{8}\lambda$ über der kürzer gewordenen Sehne m d behalten muß. So finden also die Sätze §. 60. ihre Anwendung.

§. 156.

Was den Scheitel in π erhält (Fig. 92.), und ihn wirklich bis in m herabzusinken verhindert, ist

---

linie d o n ganz unter die d γ c herabfallen müsse. Hiernach muß der in der Zeichnung begangene Fehler verbessert werden.

der Zusammenhang der beyden Schenkel im Scheitel. Bedarf jeder dieser Schenkel zum Niederbeugen im Scheitel c, wofern der Balken in c durchschnitten oder seines Zusammenhanges beraubt wäre, einer Kraft P, so muß der Scheitel mit einer auf beyden Schenkeln zugleich aufliegenden Last $Q = 2P$ im Scheitel (oder auf der Spalte des Scheitels) beschwert werden, weil dann auf jeden Schenkel nur die Wirkung von P käme.

Wäre also im Scheitel c ein Stück herausgeschnitten, und würde nun zum Niederbeugen eines jeden der beyden Schenkel ein Kraft P erfordert, so erfordern beyde zusammen nothwendig die Kraft 2P, insofern blos auf den Widerstand Rücksicht genommen wird, welchen die Beugung eines sonst freyen Balkens entgegensetzt.

Offenbar wird aber der Widerstand ebendadurch, daß die beyden Schenkel in c zusammenhängen, sehr vergrößert. Die Aufschwellungen don können nur dadurch entstehen, daß das Bogenstück vcv bis in v π v niedergedruckt wird. Diese Niederbeugung und jene Aufschwellung sind einander entgegengesetzt, und erhalten sich im Gleichgewicht. Demnach wird die zur Aufschwellung erforderliche Last Q durch den Zusammenhang in c verdoppelt, so daß $Q = 2 . 2P = 4P$ werden muß.

§. 157.

Wir betrachten hier immer nur noch nackte Bögen, ohne alle Verspannung zwischen beyden festen Widerlagern, und setzen nach vorstehenden Be-

trachtungen die Möglichkeit eines erfolgenden Bruchs blos darin, daß die im Scheitel aufgelegte Last den Bogen in seiner Mitte so niederdrucke, daß die beyden Schenkel über ihren Sehnen zu einer Höhe aufschwellen, bey der sie zum Knacken kommen. Es kommt also darauf an, die gefahrlose Bogenhöhe eines Balkens von bestimmten Abmessungen zu kennen.

Wir betrachten zu dem Ende die Augsburger Brücke, weil solche schon ziemlich hohe Bögen hat.

Diese hat

3 Oeffnungen zu 118′ weit (Bairisch).

Jede Oeffnung hat 3 Bogenrippen.

Jede Rippe ist dreyfach, oder besteht aus drey auf einander liegenden Bogenbalken.

Jeder Bogenbalken hat 14″ ins Gevierte.

Die Bögen sind 11′ hoch gespannt.

Ist also r der Krümmungshalbmesser, so hat man

$$11 : 59 = 59 : (2r - 11)$$

Daher

$$r = 163{,}7'$$

Demnach aus XXXVII. für einen 50′ langen 14zölligen Balken

$$\text{Bogenhöhe } H = \frac{50^2}{8 \cdot 163{,}7} = 1{,}909' = 22{,}8''$$

Diese Bogenhöhe ist für sich noch hinlänglich vom Knacken entfernt, und Wiebeking hat in dieser Hinsicht der Augsburger Brücke einen hohen Grad der Sicherheit gegeben, insofern er durch andere Verspannungen merkliches Niederdrücken des Bogens verhindert hat. Besondere Zufälle (s. unten §. 171. Anm.)

hatten ein solches Sinken zur Folge, wobey sich der Bogen an einer Stelle um 18 Zolle senkte, ohne daß ein Knacken erfolgte, womit also hinlänglich bewiesen ist, daß die Krümmung bey den Bögen dieser Brücke noch sehr weit von ihrer Gränze entfernt ist. Zum offenbaren Beweise dient auch die schon oben (§. 154.) angegebene Beobachtung bey einem kiefernen Balkenbogen zu 50′ lang und 1′ ins Gevierte stark, welcher zu einer Bogenhöhe von 30 Zoll gespannt war; dieses erfolgte sogar auch noch nachher nicht, da man den Scheitel mit 14441 Berl. Pf. belastet und hiermit die beiden Schenkel noch um etwa 5″ über ihren Sehnen höher aufgeschwellt hatte, wo dann die Bogenhöhe der beiden Schenkeln über ihren Sehnen wenigstens 12″ betrug, und die zugehörige Bogenweite kaum 24′. In der Brückenbauk. theilt Wiebek. S. 76 — 80 noch andere Erfahrungen mit. Ein 12″ starker 58′ langer schon etwas trockener fichtener Balken wurde zu einer Bogenhöhe von 44″ gekrümmt.

Man kann also mit gröſter Sicherheit für die Ausübung annehmen, daß ein 50′ langer 14 Zoll hoher fichtener oder kieferner Balken, bis zur Bogenhöhe von 21″ gekrümmt, noch weit von aller Gefahr des Knackens entfernt bleibe.

§. 158.

Die Dicke der Balken ist hierbey gleichgültig, keineswegs aber ihre Höhe ß. Vielmehr muß die Beugbarkeit desto geringer werden, je grösser ß wird, so daß zu grösseren Werthen von ß auch grössere von

r oder grössere Krümmungshalbmesser gehören. Vergleichen wir mehrere Erfahrungen unter einander, so ergiebt sich, daß wir die Bogenhöhen im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Balkenhöhen bey einerley Balkenlängen nehmen können. Und da bey flachen Bögen genau genug bey einerley Krümmung die Bogenhöhen sich wie die Quadrate der Bogenlängen verhalten, so können wir, wenn H' die sichere Bogenhöhe in Fußen bezeichnet,

$$H' = \alpha \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^2$$

setzen, wo wie bisher λ' die ganze Bogenlänge in Fußen, β'' die Balkenhöhe in Zollen, und α ein noch nicht bestimmter Koefficient ist.

Behalten wir die höchst sichere Bestimmung am Ende des vor. §. bey, also $\lambda' = 50$, $\beta'' = 14$, $H' = \frac{21}{12}$, so wird

$$\alpha = \left(\frac{14}{50}\right)^2 \cdot \frac{21}{12} = 0{,}137$$

also

CXXI. $$H' = 0{,}137 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^2$$

D. h. Jeder Balken ist von der Gefahr des Knackens in allen Fällen mit genügender Sicherheit weit genug entfernt, wenn er so gekrümmt wird, daß H' nicht $> 0{,}137 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^2$ werde.

Setzt man $\lambda' = 58$, $\beta'' = 12$, so erhält man hiernach $H' = 0{,}137 \cdot \left(\frac{58}{12}\right)^2 = 3{,}2'$ also in Zollen $= 38{,}4$; es wurde aber ein solcher Balken, der da-

zu schon ziemlich trocken war, ohne Gefahr zur Bogenhöhe von 44″ gekrümmt (§. 157.).

Anm. Es ist bey dieser Bestimmung nicht von derjenigen Bogenhöhe die Rede, die man ihm geben dürfte, wenn man ihn nachher noch mit einer Last beschweren wollte, sondern bey welcher der Bogen für sich ohne alle Belastung gegen alle Gefahr des Knackens hinlänglich gesichert wäre. Auch ist es keineswegs unsere Meinung, daß die Natur das angegebene Gesetz wirklich so beobachtet habe. Wir sind vielmehr überzeugt, daß es in völliger Allgemeinheit nicht so statt finden könne, und daß es nur innerhalb gewisser Gränzen etwa für Balkenhöhen von 10 bis zu 16 Zoll anwendbar bleibe.

§. 159.

Bezeichnen wir die Bogenhöhe von jedem der beiden Schenkel (Bogenhälften) in Fußen mit h', so ist bey flachen Bögen genau genug

CXXII. $$h' = 0{,}137 \cdot \left(\frac{\frac{1}{2}\lambda'}{\beta''}\right)^2$$
$$= 0{,}034 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^2$$

Wird der Scheitel um die Tiefe k niedergedruckt, so nimmt die Bogenhöhe der Schenkel nicht völlig um die Höhe k zu, also wieder um so viel sicherer:

Es soll seyn.

CXXIII. $$\frac{1}{4} H' + k' \text{ höchstens} = 0{,}034 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^2$$

Daher auch, wenn v die Bogenhöhe der Schenkel über ihren Sehnen nach aufgelegter Last bezeichnet,

$$\text{CXXIV.} \quad \begin{cases} v - k = \frac{1}{4} H \\ \text{und} \\ H = 4 \cdot (v - k) \end{cases}$$

Ex. Ein 100^l langer Bogen soll, zwischen festen Widerlagern eingespannt, in seinem Scheitel so belastet werden, daß solcher $\frac{1}{2}$ Fuß tief sinkt, und die beiden Schenkel eine Bogenhöhe von 4^l über ihren Sehnen bilden; wie groß müßte zu dem Ende H^l seyn? Hier wäre $h^l = 4$, $k = \frac{1}{2}$, also $H^l = 4 \cdot (4 - \frac{1}{2}) = 14^l$. Es müßte also erst noch untersucht werden, ob dieser Werth von H^l auch den Abmessungen des Balkens angemessen sey? Hierzu dient aus CXXI.

$$\text{CXXV.} \quad \beta^{ll} = \sqrt{\frac{0{,}137 \cdot (\lambda^l)^3}{H^l}}$$

Im vorstehenden Ex. wäre also höchstens

$$\beta^{ll} = \sqrt{\frac{0{,}137 \cdot 10000}{14}} = 10^{ll}$$

Höhere Balken dürften zu der vorgeschriebenen Bogenhöhe von 14^l nicht angewendet werden, wenn die Schenkel eine Bogenhöhe von 4^l über ihren Sehnen bilden sollen, nachdem der Scheitel um $\frac{1}{2}$ Fuß tief niedergesunken ist.

Auch erhält man aus CXXII.

$$\text{CXXVI.} \quad \beta^{ll} = \sqrt{\frac{0{,}034 \cdot (\lambda^l)^3}{v^l}}$$

Aber die Wahl der Balkenhöhe β hängt zugleich von dem Tragvermögen der Balkenbögen ab.

IV. Tragvermögen hölzerner Bögen.

§. 160.

Wird der durch Kräfte P an beiden Enden niedergezogene Balken d c d (Fig. 92.) zwischen festen Widerlagern eingespannt, und nun im Scheitel mit einer Last Q beschwert, so daß er an dieser Stelle niedergedruckt wird, und die Bogenhöhen der beiden Schenkel über ihren Sehnen vergrössert werden, so muß das nach m herabsinkende Ende eines Schenkels d c sich um eine gewisse Stelle als Umdrehungsaxe herumdrehen und so der Schenkel d γ c die neue Gestalt d o m annehmen. Die wichtige und schwierige Frage ist nun: wie groß muß die Last Q seyn, um die Stelle c bis m herab zu beugen?

Bey dem gezwängten Zustande, worin sich der Bogenbalken befindet, muß der Umdrehungspunkt von d näher gegen o hinrücken. Da hier mit leeren Spekulationen nichts zu machen ist, und die Theorie keine Anleitung zur Bestimmung der Stelle für die Umdrehungsaxe giebt, so müssen wir solche aus Vergleichung mit Resultaten der Erfahrung abzuleiten suchen. Diesemnach nehmen wir, wenn die Umdrehungsaxe in γ wäre, $\gamma c = \frac{3}{4} d c = \frac{3}{4} l = \frac{1}{8} \lambda$ an. Und so erhalten wir ohne Bezug auf das Balkengewicht hier aus CXIX., v statt H gesetzt

$$P = 7{,}74 \cdot \frac{\delta'' \cdot (\beta'')^2 \cdot v'''}{(\frac{3}{4} l')^3}$$

Aber nach §. 156. am Ende ist $Q = 4P$, also, ohne Rücksicht auf das Balkengewicht

$$\left.\begin{aligned} Q &= 7174 \cdot 4 \cdot \tfrac{64}{57} \cdot \frac{\delta'' (\beta'')^3 \cdot \nu^{IV}}{(l')^3} \\ &= 7174 \cdot 4 \cdot \tfrac{64}{57} \cdot \frac{\delta'' (\beta'')^3 \cdot \nu^{IV}}{\frac{1}{8} \cdot (\lambda')^3} \\ &= 587 \cdot \frac{\delta'' (\beta'')^3 \cdot \nu^{IV}}{(\lambda')^3}. \end{aligned}\right\}$$ Die Striche beziehen sich auf Fuße, Zolle u. Linien.

Daß hier nicht die Hälfte des Balkengewichts oder $\frac{1}{2}B$ als Druck des Balkens selbst im Scheitel angenommen werden könne ist für sich klar. Wir dürfen ohne Bedenken $\frac{\beta}{\beta + H} \cdot \frac{1}{2}B$ statt $\frac{1}{2}B$ und

$$\left(\frac{n\beta}{(n\beta + H)}\right) \cdot n \cdot \tfrac{1}{2}B$$

statt $n \cdot \frac{1}{2}B$ setzen, wenn n die Anzahl der in einer Rippe auf einander liegenden Bogenbalken bezeichnet; dieses giebt, wenn wir $\frac{n \cdot \beta}{n\beta + H} = \mu$ setzen, für einen Bogenbalken

CXXVII. $$Q = 587 \cdot \frac{\delta'' \cdot (\beta'')^3 \cdot \nu^{IV}}{(\lambda')^3} - \mu^n \cdot \tfrac{1}{2}B$$

wo wir für n solche Balken, die frey auf einander liegen, nach §. 153. nur den $n$fachen Werth von Q nehmen; Hingegen können wir für n über einander liegende verspannte Balken nicht $(n \cdot \beta)^3$ statt β^3 setzen, sondern nur $\left(\frac{n+1}{2}\right)^2 \cdot \beta^3$, nach Analogie der geraden. Also für n solche Bogenbalken

CXXVIII. $$Q = \frac{587 \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right) \delta'' (\beta'')^3 \cdot \nu^{IV}}{(\lambda')^3} - n \cdot \mu^n \cdot \tfrac{1}{2}B$$

1. Ex. Bey der Beobachtung (§. 154.) war

$\lambda' = 50$ $\beta'' = \delta'' = 12$ $B = 2000$ Pf.

$H' = 2{,}5$ $v' = \frac{2{,}5'}{4} + k'$ $n = 1$

$k''' = 63$ also $v''' = 153$.

Auch $\mu^{\circ} = \left(\frac{1}{1 + 2{,}5}\right)^{\circ}$

also in Berl. Pf. beynahe

$$Q = 587 \cdot \frac{144^{\circ} \cdot 153}{125000} - 1000 \cdot \frac{4}{49} = 1489 \text{ Pf.}$$

Das wirklich aufgelegte Gewicht betrug aber 14441 Pf. Eine sehr gute Uebereinstimmung, zumal da ich B beträchtlich größer genommen habe, als Wiebeking dieses Gewicht bey seinem Versuchen gefunden hat.

2. Ex. Wiebeking mußte (Wasserbaukunst 3r Bd. S. 311.) einen 50′ langen fichtenen Balken, zu 12″ ins Gevierte stark, nachdem er ihn zu einer Bogenhöhe von 18″ gekrümmt hatte, mit 6512 Pf. Bair. im Scheitel belasten, oder mit 7800 Pf. Berl., um den Scheitel 3″ tief niederzudrucken. Unsere Formel giebt für diesen Fall beynahe

$$Q = 587 \cdot \frac{144^{\circ} \cdot v'''}{125000} - 0{,}16 \cdot 1000$$

Setzen wir nun $v''' = \frac{1}{4} H''' + k''' = 54 + 36 = 90$, so wird

$$Q = 587 \cdot \frac{144^{\circ} \cdot 90}{125000} - 160 = 8604 \text{ Pf. Berl.}$$

Eine Uebereinstimmung, die selbst in solcher Genauigkeit hier gar nicht erfordert wird, und schon darum nicht in allen Fällen so gefunden werden kann, weil selbst Hölzer derselben Art bey denselben Abmessun-

gen nicht genau denselben Grad von Festigkeit und Beugsamkeit haben, so daß in dieser Hinsicht schon Verschiedenheiten von $\frac{1}{10}$ des Ganzen hier nicht in Betrachtung kommen können.

§. 161.

Die Formel CXXVII. giebt denjenigen Werth von Q an, welcher im Scheitel eines Bogens von der Höhe H aufgelegt, denselben um die Tiefe k niederdrucken würde, so daß die Seitenschenkel über ihren Sehnen eine Bogenhöhe $= \frac{1}{4}H + k$ annehmen würden; keineswegs aber giebt sie die Last an, mit welcher ein solcher Bogen in der Ausübung ohne Gefahr belastet werden dürfte. Denn hierzu wird erfordert, daß v innerhalb bestimmten Gränzen fallen müsse, daß nämlich nach (CXXIII.) v' nie größer

als $0{,}034 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^3$ werde,

oder

v''' nicht $> 4{,}9 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^3$ oder nicht > 85.

Im 1ten Ex. des vorigen §. war $v = 153'''$ also viel zu groß, und man darf nur

$$Q = \frac{85}{153} \cdot 14890 = 8272 \text{ Berl. Pf. *)}$$

nehmen.

Im 2ten Ex. war $v''' = 90$, also gleichfalls nach unserer Forderung noch etwas zu groß, und man dürfte nur

*) Da nun bey einer Auflage von 14441 Pf. doch noch kein Knacken wirklich erfolgte, so erhellet hieraus wieder die Sicherheit unserer Forderung.

$$Q = \frac{85}{90} \cdot 8604 = 8126 \text{ Pf.}$$

nehmen, daß alſo der 30″ hohe Balkenbogen nur um $\frac{1}{36}$ ſchwerer belaſtet werden kann, als der 18″ hohe.

§. 162.

Bey der Augsburger Brücke hat man

3 Oeffnungen zu 118′ weit.

Jede Oeffnung hat 3 Bogenrippen.

Jede Rippe beſteht aus 3 auf einander liegenden etwa 120′ langen (der Länge nach aus mehreren zuſammengeſetzten) Bogenbalken. (Ueber jeder der beyden äußeren Rippen laufen von den Jochwänden aufwärts auch noch Bogenbalken, die auf gedachten Rippen aufliegen, aber nicht über die ganzen Rippen weglaufen.)

Jeder Balken hat 14″ ins Gevierte.

Die untere Wölbungslinie hat 11′ Bogenhöhe.

Alles in Bair. Maaße.

Wie groß müßte die Laſt in der Mitte einer Brückenöffnung ſeyn (wenn nur die erwähnten drey ganzen Rippen ohne alle Verſpannungen in Betrachtung kommen), um die Rippen 2″ tief niederzudrucken.

Hier iſt $\lambda' = 121$; $\beta'' = \delta'' = 14$, alſo $0{,}034 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^3 = 2{,}5364' = 365'''$. Es wird aber (CXXIV.) $v = \frac{1}{4}H + k = \frac{11'}{4} + 2'' = 35''$, alſo $v''' = 420$; Hieraus erhellet, daß v und daher auch H ſchon etwas zu groß genommen wäre, und daß H nach unſerer Sicherheitsformel nur einige Zolle über 9′ betragen ſollte, wenn die Rippen ganz nackt da

lägen. Inzwischen erfolgt doch noch lange kein Knacken bey dem Niederdrucken von 2″ zumal da der Erfahrung gemäß 3 auf einander liegende Balken eine stärkere Beugung aushalten, als ein einzelner, (s. auch oben §. 157.); und die hierzu erforderliche Belastung ist (CXXVII.)

$$Q = 587 \cdot \frac{14^4 \cdot 420}{121^3} - \frac{1}{89} \cdot \frac{1}{5} B.$$

Es ist aber,

$$B = 121 \cdot \frac{196}{144} \cdot 40 \text{ Berl. Pf.} = 6588$$

Demnach

$$Q = 587 \cdot \frac{196^4 \cdot 420}{121^3} - \frac{1}{89} \cdot 3294 = 5346 - 795$$

$$= 4551 \text{ Pf.}$$

für einen Bogenbalken.

Daher für eine 3fache Rippe (CXXVIII.)

$$Q = \left(\frac{3+1}{2}\right)^3 \cdot 5346 - 2446 = 19000 \text{ Pf.}$$

und für 3 solche 3fache Rippen

$$Q = 57000 \text{ Berl. Pf.}$$

Dieses wäre also die Last, welche die Augsburger Brücke mit größter Sicherheit in den ersten Jahren in der Mitte von jeder Oeffnung zu tragen vermögte, wobey man nämlich die größtmögliche Sicherheit hätte, daß sie die Bögen in der Mitte noch nicht um volle 2″ niederdrücken würde, wenn übrigens gar keine Verspannung als die an beiden Enden statt fände *).

*) Bey einem in seiner Mitte unterstützten sonst frey liegenden und an seinen Enden durch Zugkräfte herabgezogenen Balken

§. 163.

Unsere Formel (CXXVIII.)

$$Q = \frac{587 \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right)^2 \cdot \delta'' \cdot (\beta'')^3 \cdot \nu'''}{(\lambda')^3} - n \cdot \mu^2 \cdot \tfrac{1}{3} B$$

sollte darin der Natur der hierbey wirkenden Kräfte folgen, daß sie auch auf sehr kleine Werthe von $\frac{H}{\lambda}$ und selbst für $H = o$ d. h. auf horizontale gerade Balken anwendbar bliebe. Setzen wir nun e statt der Zahl 587 so thut folgende Abänderung Genüge

CXXIX. $$Q = (1 - \mu^3) \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right)^2 \cdot \frac{e\,\delta'' \cdot (\beta'')^3 \cdot \nu'''}{(\lambda')^3} + \mu^3 \cdot \frac{(n+1)^2}{2} \cdot \frac{E\,\delta\,(\beta'')^2}{\lambda} - \tfrac{1}{3} n \mu^2 \cdot B$$ *)

Wo sich die Buchstaben ohne Accente im Zähler und Nenner beide auf Zolle, oder beide auf Fuße, überhaupt auf einerley Einheit beziehen.

---

kommt allerdings das reducirte Gewicht einer Balkenhälfte ($1/4\ B$) mit zu diesen Zugkräften; aber im obigen Falle ists nicht derselbe Fall.

*) Dabey muß aber immer auf CXXIII. Rücksicht genommen werden, daß man nämlich ν' nicht $> 0{,}034 \cdot \left(\frac{\lambda'}{\beta''}\right)^n$ nehme. Uebrigens hat das hier angewendete Verfahren zur Vervollständigung der allgemeinen Formel Aehnlichkeit mit der Bestimmung der Konstante beim Integriren.

Für $H = 0$ d. i. für gerade Balken verschwindet das 1te Glied, und es wird schlechthin, weil zugleich $n \cdot \mu = 1$ wird,

$$Q = \frac{(n+1)^3 \cdot E\delta (\beta'')^3}{2\lambda} - \tfrac{1}{3} n B$$

wie §. 14. VII.

Die obige Formel läßt sich auch so schreiben:

CXXX.
$$\begin{cases} Q = \left(\frac{n+1}{2}\right)^3 \delta'' \cdot \left[\frac{e(\beta'')^3 \nu'''}{(\lambda')^3}\right. \\ \quad \left. + \mu^3 \left(\frac{2E(\beta'')^3}{\lambda''} - \frac{e(\beta'')^3 \cdot \nu'''}{(\lambda')^3}\right)\right] \\ \quad - \frac{1}{3} n \cdot \mu^2 B \end{cases}$$

Wird $\frac{n\beta}{n\beta + H}$ oder μ ein nur etwas kleiner Bruch, so kann das zweyte Glied in der großen Parenthese ganz bey Seite gesetzt werden, und es bleibt sehr nahe

$$Q = \left(\frac{n+1}{2}\right)^3 \cdot \frac{e\delta'' \cdot (\beta'')^3 \cdot \nu'''}{(\lambda')^3} - \tfrac{1}{3} n \cdot \mu B$$

wie CXXVIII.

Die Gleichungen CXXIX. und CXXX. sind daher in ihrer Allgemeinheit dem Gange der Natur angemessener.

Der wichtige Koefficient e verdient noch eine besondere Betrachtung. Er steht statt der oben gefundenen Zahl 587. Zur Sicherheit wollen wir aber diesen Werth nur für das erste Jahr gelten lassen. Bogenbalken verliehren nun durch das Alter

weit weniger von ihrem Tragvermögen als gerade Balken, nicht nur weil sie wegen ihres gepreßten Zustand an sich den Einflüßen der Witterung mehr widerstehen, sondern auch vorzüglich darum, weil sie in dem Falle, wo gerade Balken ihres Alters wegen sich allmälig bis zum Brechen senken, nur allmälig flachere Bogengestalt annehmen, so daß H allmälig kleiner und r gröſſer wird, womit aber eine weit langsamere Abnahme der Tragkraft verbunden ist, als mit dem Sinken gerader Balken. Wir werden daher auch in dieser Hinsicht hinlänglich sicher für die Ausübung verfahren, wenn wir folgende Bestimmungen gelten lassen:

CXXXI.

Für die Dauer	Werthe von e
von 1 Jahr	587
15 —	520
30 —	420
45 —	240

Anm. Auch hier bleibt es, wie in Bezug auf die Werthe von E §. 12., dem Ingenieur überlassen, statt der angenommenen Zeitabschnitte andere zu substituiren z. B. von 1 — 10 — 20 — 30 oder auch von 1 — 20 — 40 — 60 Jahren. Uebrigens erinnere ich nochmals, daß man die allgemeine Formel CXXX. keineswegs als eine theoretisch entwickelte Bestimmung der hierbey vorkommenden Relationen der verschiedenen einander entgegen wirkenden Kräfte anzusehen hat. Ich habe es vielmehr geflissentlich vermieden, theoretische Spekulationen hier zum

Grunde zu legen oder einzuschieben, und habe nur auf Erfahrungssätze in Verbindung mit analogischen Schlüssen bauen wollen, so daß ich dabey immer unter dem geblieben bin, was ich nach vorliegenden Erfahrungen hätte annehmen können, um endlich zu einem Resultate zu gelangen, das mit der größtmöglichen Sicherheit für die Ausübung angenommen werden könnte d. h. das auch noch dann mit genügender Sicherheit gelten könnte, wann auch die Hölzer, welche in einem einzelnen Falle zum Brückenbau dienen, gerade nicht die Vollkommenheit der bey den Versuchen gebrauchten haben sollten, wiewohl man sie dabey auch nicht auswählte sondern sie so gebrauchte, wie man sie vorfand, und hierunter selbst schon ältere waren, als von 1 Jahr. Eigentlich ist die Entstehungsart der Formel CXXX. von der Art, wie bey Formeln, welche man durch Interpolirungen findet, wohin besonders die Abänderung gehört, durch welche sie auch noch der Gränze $H = 0$ anpassend gemacht worden ist. Hiermit entspricht unsere Formel mannigfaltigen Abänderungen für sehr verschiedene Abmessungen der Balken von $H = 0$ bis zu $H = 11'$, wie solches bey Interpolirungsformeln der Fall ist. Darin aber hat unsere Formel noch einen bedeutenden Vorzug vor den gewöhnlichen Interpolirungsformeln, daß doch dabey die Art und Weise, wie der Werth der Belastung Q von allen darauf Bezug habenden

Bestimmungsstücken abhängt, nach analogischen Schlüssen, mit in die Formel gebracht worden ist.

Nur ein bisher ganz ausser Acht gelassener Umstand verdient noch einer besonderen Erwägung, nämlich der, daß bey weiten Balkenbögen die Bogenbalken der Länge nach nicht aus einem einzigen Stamme genommen werden können, sondern aus mehreren Balken mit der halben Dicke über einander geschiffret werden müssen. Am Ende einer solchen Schifftung ist einer der zusammengeschiffteten Balken bis zu seiner halben Dicke eingeschnitten, so daß schon bey zwey auf einander liegenden Balken an einer solchen Stelle der Zusammenhang auf die Höhe $\frac{1}{2}\beta$ fehlt, also nur noch $3 . \frac{1}{2}\beta$ oder $1{,}5 . \beta$ statt 2β übrig bleibt. Wegen des Zusammenhangs auf die ganze Höhe (2β) hatten wir oben 2 P statt P in Rechnung gebracht; jetzt fällt am einen Balken $\frac{1}{2}$ P wegen des angenommenen vollständigen Zusammenhangs weg, so daß bey demselben nur noch $1{,}5 . P$ statt 2 P für die Tragkraft in Rechnung kommt, und wir behalten von dieser für die auf einander liegenden beiden Balkenbögen nur noch $1{,}5 P + 2 P$ statt $2 P + 2 P$ oder $3{,}5 P$ statt $4 P$, so daß $\frac{1}{8}$ des Ganzen verlohren geht; bey 3 auf einander liegenden geht nur $\frac{1}{12}$ verlohren.

Da aber an solchen Schifftungen immer die

Balken noch durch Schrauben zusammengepreßt werden, so daß hiermit der vom Verluste des Zusammenhangs herrührende Verlust an der Tragkraft so gut als vollständig ersetzt werden kann, ins besondere aber dann, wann nach Anweisung des vor. Kap. die Enden zusammenstossender Balken in gegossenen starken eisernen Hülsen zusammenstossen und dann noch mittelst Schrauben befestigt werden, gewiß an solchen Stellen der etwaige Bruch nicht erfolgt, so kann der erwähnte Umstand ganz bey Seite gesetzt werden.

§. 164.

Bis hierhin haben wir nur von nackten Balken- und Rippenbögen geredet, und die Anwendung auf die 3 nackte 3fache Bogenrippen der Augsburger Bogenbrücke (§. 162.), wo $Q = 570$ Zentner für die gefahrlose Belastung des Scheitels einer Brückenöffnung gab, zeigt schon, wie groß die Tragkraft einer solchen Wölbung ist, da der Scheitel allein nie einer so großen Belastung ausgesetzt ist, sondern solche allemal über einen bedeutenden Theil einer Brückenöffnung ausgedehnt seyn muß, wodurch sie weit unschädlicher gemacht wird, indem sich ihre zum Theil einander entgegenwirkende Pressungen sogar guten Theils gegenseitig aufheben *). Hierzu kommt nun

*) Die Bestimmung der schwächsten Stelle eines nackten Bogens aus theoretischen Betrachtungen würde eine ganz vergebliche Bemühung seyn. Eine Reihe von vielen und mannigfaltigen

noch die sehr gute Verspannung, welche sich bey solchen Brücken anbringen läßt, und an vielen von Wiebeking erbauten Bogenbrücken wirklich angebracht worden ist. Wiebeking ist sogar der Meinung, daß durch solche Verspannungen die Tragkraft im Scheitel sechsmal so groß werde, als bey nackten Bögen, welches also bey gedachter Augsburger Brücke 2230 Ztr. betrüge, welches wir indessen darum nicht als sichere Bestimmung für die Ausübung können gelten lassen, weil es bey Bestimmung der Tragkraft solcher Bögen nicht, wie bey geraden Balken, blos auf die Verstrebungen nach unten ankommt, sondern zugleich auf die Grösse des Widerstandes Rücksicht genommen werden muß, welchen die vom Scheitel herablaufenden Schenkel eines Bogens ihrem Ausbeugen oder ihrer Aufschwellung entgegensetzen. Um richtiger hierüber urtheilen zu können, müssen wir den ganzen Bau einer solchen Brücke erst näher kennen lernen.

Beobachtungen könnte darauf fuhren. Bis zu näheren Untersuchungen wird man die gedachte Stelle so bestimmen können; daß man vom Anfange der Bogenlinie aufwärts ein Stück abschneidet, welches der halben Bogenweite gleich ist. Beim Halbkreise fällt sie hiernach zwischen 57° und 58° von unten aufwärts. Beim geraden Balken fällt sie nach eben dieser Bestimmung in seine Mitte, wie sich gehört. Bey flachen Bögen liegt sie allemal nahe am Scheitel, der selbst unter die schwächeren Stellen gehört, denn die stärkste liegt am Anfange des Bogens.

§. 165.

Die Konstruktion der Bogenrippen ist uns aus dem bisherigen schon hinlänglich bekannt. Fig. 98. dient zur näheren Erläuterung. Die zu einer Rippe gehörigen Balkenbögen werden an den Enden, wo sie sich an die Jochwände anlehnen sollen, so abgeschnitten, daß sie sich (schon im Werksatze) an ein lothrechtes auf die obere Traggurte aufgesetztes und an den zugehörigen Jochpfahl festgeschrobenes Stück Eichenholz, welches Wiebeking wegen seiner Verkerbungen einen Kerbstock nennt, anstemmen. An jedem der 3 Jochpfähle, die mit den angelehnten drey Rippen korrespondiren, sind nothwendig allemal 2 solche Kerbstöcke einander gegenüber auf verschiedenen Seiten auf die zugehörigen oberen Traggurten aufgesetzt, und beyde zusammen durch gemeinschaftliche Schrauben an den gemeinschaftlichen Jochpfahl festgeschroben.

Zu beyden Seiten eines jeden solchen Kerbholzes, nach der Breite der Brücke, werden auf dieselbe Traggurte lothrechte Säulenhölzer aufgestellt, und mittelst Schrauben, welche zugleich durch den Kerbstock durchgehen, an den Kerbstock mit Gewalt angezwängt. Oberhalb dem Kerbstock hat jedes dieser Seitenstücke soviel Vorsprung, daß beyde Stücke beynahe zusammenstoßen.

Bey den äußeren Rippen einer jeden Brückenöffnung werden bis zur Oberfläche des oberen Schlußbalkens KK (Fig. 98. II.) die an jeden Kerbstock angeschrobenen Seitenstücke in die Höhe geführt.

Da auf diese Weise die Seitenstücke dem Schlußbalken begegnen, so werden erstere an ihren oberen Enden gehörig ausgeschnitten, um letzteren zwischen sich zu fassen. Ueberdas werden am oberen und unteren Ende des Kerbstocks auf jeder Seite Einschnitte und dagegen an den korrespondirenden Stellen der angeschrobenen Seitenstücke Zapfen ausgehauen, die in jene Einschnitte einpassen.

Diese Einrichtungen sind so zweckmäßig, daß sich schwerlich bedeutende Verbesserungen dabey werden anbringen lassen.

Es versteht sich, daß in jeder Brückenöffnung auch die erwähnten 3 parallelen Bogenrippen unter einander selbst nach der Breite der Brücke gehörig verbunden seyn müssen, um sämmtliche Brückentheile in eine solche Verbindung zu bringen, daß sie durch ihren Zusammenhang unter einander mit vereinter Kraft jedem Angriffe widerstehen.

Hierzu gehören fürs erste die nach der Breite der Brücke durchlaufenden Bundbalken, wie mm, nn (Fig. 98. Nro. II. und III.). An den Stellen, wo sie durch die Rippen durchgehen, die man unter den Geländerpfosten nehmen kann, werden sie oben und unten einige Zolle tief ausgeschnitten, und so auch die Rippenhölzer. Ihre Stelle wird so bestimmt, daß sie jedesmal durch die Fugen durchgehen, welche zwey auf einander liegende Bogenbalken bilden, so daß der obere von diesen Bogenbalken auf seiner unteren Seite, und der untere auf seiner oberen Seite, zum Einlegen des gleichfalls ausgeschnittenen Bund-

balkens, ausgeschnitten wird. Ist z. B. der Bundbalken 12″ hoch, so können die Ausschnitte der auf einander liegenden Bogenbalken 4″ betragen, um eine Oeffnung zu 8″ hoch zu bilden; oberer und unterer Ausschnitt des Bundbalkens kann jeder 2″ betragen, damit auf solche Weise die Bogenbalken auf einander fallen.

Wir verstehen dieses nicht nur von den Ausschnitten der mittleren (unter der Mittellinie der Brückenstraße hinlaufenden) Rippe, oder der beyden mittleren Rippen, wenn 4 Rippen angebracht würden, sondern auch von den beyden Seitenrippen, welche unter den Geländern hinlaufen. An den Enden der Bundbalken werden nämlich Zapfen angeschnitten, die in die Oeffnungen der Seitenrippen eingelegt werden. Diese Oeffnungen können eben so hoch seyn, als bey einer mittleren Rippe, indem bey solchen eine Höhe von 8″ allemal hinlänglich ist, daß also die Höhe oder Dicke der Zapfen gleichfalls nur 8″ betrüge. Eine größere Dicke wäre ohne allen Nutzen, die Seitenrippen würden aber durch höhere Oeffnungen verschwächt. Wo man über einem Rippenholz ohnehin Raum genug hat, ohne solches ausschneiden zu dürfen, kann ein Bundbalken auch in seiner ganzen Dicke aufgelegt werden.

Durch sämmtliche Bogenbalken einer jeden Rippe werden da, wo solche Bundbalken durchlaufen, lange eiserne Schrauben durchgesteckt, die also zugleich durch die Bundbalken durchlaufen, bey den Seitenrippen aber so hoch sind, daß sie auch noch durch die Geländer-

länderdocken durchgehen; sie können oben und unten mit starken Muttern versehen werden. Die stärkeren Schrauben haben 2″, die schwächeren $1\frac{1}{2}$″ im Durchmesser. Außerdem werden die Rippen noch mit den Schlußbalken und so auch die mittleren (oder die beyden mittleren bey sehr breiten Brücken) mit den darüber laufenden Straßenbäumen durch starke durchlaufende Schrauben stark zusammengezwängt, wie solches aus der Zeichnung klar ist.

Ueber die obersten Bundbalken werden (bey einer solchen Breite, wie die Augsburger Brücke hat) zwischen den 3 Schlußbalken 6, auf jeder Seite des mittleren drey, Straßenbäume gelegt, wodurch man mit Inbegriff der Schlußbalken 9 Straßenbäume erhält, welches für eine 26′ breite Brücke hinlänglich ist. Die beyden äußeren Schlußbalken sind also zugleich Straßenbäume (insofern ihr innerer Rand auch noch zum auflegen der Dihlen dient), und überdas auch Schwellen zum Aufsetzen der Geländerdocken.

Um die Bundbalken selbst unter einander zu verspannen, hat Wiebeking jeder der 3 Bogenrippen in jeder Brückenöffnung auf beyden Seiten, einer jeden Rippe Zwingen (Stützklötze), jedesmal an die in einigem Abstande über einander liegende Bundbalken, angelegt, wie β, γ, δ (Fig. 98. II.), und zwischen solchen Streben eingespannt, die er Kreuzstreben nennt, wie αβ, gγ, ab. Diese Streben liegen nicht den Rippen parallel, so daß sie mit den Bundbalken rechte Winkel bildeten, sondern laufen nach der Richtung der Diagonalen, mittelst gehöriger Ausschnitte

in ihrer Mitte, von Ecke zu Ecke über einander weg, so daß sie Kreuze bilden, die man Fig. 98. III. deutlich erkennt. Zwischen jeder Seitenrippe und der mittleren hat man sechs solche Kreuze in einer Brückenöffnung, oder in jeder Brückenöffnung, welche 5 Rippen hat, überhaupt zwölf. (Bey beträchtlich weiteren Oeffnungen müßte man ihrer mehrere nehmen).

Die an die Jöcher und Widerlager sich anstemmenden Kreuzstreben sind mittelst Verzahnung aus zwey auf einander liegenden Hölzern zusammengesetzt.

Die oberen Bundbalken, wovon die beyden äußersten in der 1ten Brückenöffnung (Fig. 98. II.) mit n bezeichnet sind, sind gleichfalls durch Kreuze unter einander verspannt, die aber alle an den Brückenruthen oder Straßenbäumen anliegen also eine horizontale Lage haben, wenn die Brückenstraße horizontal liegt. Man kann sie Windkreuze nennen. Man hat die (Fig. 98. III.) angedeuteten Kreuze, welche wir vorhin für die Kreuzstreben gelten ließen, eigentlich für diese Windkreuze zu nehmen, welche gerade oberhalb der Kreuzstreben liegen.

So ist also bey dieser Brücke jede Oeffnung mit 24 Kreuzen verstrebt.

Die zwischen den Schlußbalken, auf welchen die Geländer stehen, hinlaufenden Brückenruthen liegen sowohl auf den oberen Bundbalken als auf den Windkreuzen auf, sind aber zur Vergrößerung der Verspannung da, wo sie über einen Bundbalken

laufen, allemal einige Zolle tief ausgeschnitten, und legen sich auf diese Weise auf die einige Zolle tiefer gelegten Windkreuze genau auf.

Uebrigens ersieht man aus der Zeichnung sogleich, wie die Straßenbäume zum Theil mit den Rippen und mit den Windkreuzen durch Schrauben in Verbindung kommen. Die übrigen können an die Bundbalken festgeschroben werden, welches in der Zeichnung (Fig. 98. III.) nicht angedeutet worden.

Außer den 3 ganzen Bogenbalken bemerkt man in der Zeichnung (Fig. 98. I.) über jeder Rippe noch 2 Bogenschenkel, die bis zu einer gewissen Höhe hinaufreichen. Daß diese beyden auf einander liegenden Schenkel nicht so viel leisten, als ein einziges vollständiges 4tes Rippenholz leisten würde, ist aus obigen Betrachtungen leicht einzusehen. Wenn indessen eine Rippe aus 4 ganzen Bogenbalken besteht, so bleibt doch immer zu beyden Seiten der Rippe eine Lücke, die auf solche Weise zur bedeutenden Verstärkung der Tragkraft trefflich benutzt wird. Die Kreuzstreben $\alpha\beta$ und $g\gamma$ und jene Bogenschenkel benehmen der Rippe von beyden Seiten bis in die Gegend γ beynahe alle Beugsamkeit, so daß in der That nur noch von dem mittleren Rippenstück $\gamma\delta\delta\gamma$ die Rede seyn kann. Da auf diese Länge die Rippen wenig von horizontalen Balken abweichen, und der Scheitel gerade diejenige Stelle ist, auf welche die Verspannungen am wenigsten Einfluß haben, so ist es keinem Zweifel unterworfen, daß bey einem so gebauten Brückenbogen der Scheitel die schwächste

Stelle sey. Könnte man also für den Scheitel die völlig gefahrlose Belastung m mal so groß annehmen, als wir oben Q für nackte Rippen berechnet haben, so würde solches um so mehr für jede andere Stelle des Bogens oder der Brückenstraße gelten. Uebrigens müssen bey sehr weiten Bögen die leeren Räume zu beyden Seiten des Scheitels nämlich die Räume zwischen dem obersten Bogenschenkel und dem darüber hinlaufenden horizontalen Balken noch zweckmäßig verbaut werden. Man führt zu dem Ende in jedem dieser Räume 2—3—4 Balkenwände über den Schenkeln auf, so daß solche an den Schlußbalken anstoßen. An die Wandflächen werden lothrechte Balken angelegt, und diese durch Kreuzstreben unter einander verbunden. Eine solche Verbauung wird also in der Folge allemal vorausgesetzt. Wir bemerken hier nur noch, daß die in der Zeichnung Nro. II. hin und wieder mit x bezeichneten dicken Striche eingetriebene Keile von hartem Holze bezeichnen, wodurch die Rippen noch mehr Steifigkeit erhalten. *)

§. 166.

Das Tragvermögen unserer Brücke wird also besonders durch folgende Stücke bestimmt:

*) Bey einigen Bogenbrücken hat Wiebeking auch Diagonalbögen oder Diagonalrippen angebracht. Ich kann solche nicht empfehlen, da solche nicht nur eine größere Länge erhalten, sondern auch gegen den Scheitel hin merklich flacher als die übrigen Rippen ausfallen. Lieber nehme man, wo es nöthig scheint, 4 Rippen statt der dreyen, oder auch in jeder Rippe einen Balkenbogen mehr.

1) Durch die Verkürzung des der Einbeugung ausgesetzten Bogenstücks, indem wir in Bezug auf die Last im Scheitel wegen der angebrachten Verspannungen nur die Länge **abba** (Fig. 98. II.) in Betrachtung ziehen dürfen, welches für $\frac{1}{3}\lambda$ angenommen werden kann.

2) Durch die Verbindung der Rippen mit den darüberlaufenden Schlußbalken, welche nothwendig mit herabgezogen werden müßten.

3) Durch die Verbindung der Geländerbalken mit den Rippen.

Andere noch zur Verstärkung beytragende Vorkehrungen wollen wir bey Seite setzen.

Um uns durchaus nicht auf unsichere theoretische Spekulationen einzulassen, wollen wir die Widerstände Nro. 2 und 3 wiederum als Zugaben für die Sicherheit in der Ausübung gar nicht in Rechnung bringen. Wir können um soviel sicherer den Satz Nro. 1. beybehalten, zumal da wir den Einfluß des Balkengewichts auf den Scheitel unverändert in Rechnung bringen.

Hiernach erhalten wir für die Augsburger Brücke aus (CXXX.) indem wir $\frac{1}{3}\lambda$ stat λ schreiben,

CXXXII. $$Q = \left(\frac{n+1}{2}\right)^2 \cdot \left[\frac{27\,e\,\delta''\,.\,(\beta'')^3\,v'''}{(\lambda')^3} + \mu^3 \cdot \left(\frac{5\,E\,\delta\,(\beta'')^2}{\lambda} - \frac{27\,e\,\delta''\,(\beta'')^3\,.\,v'''}{(\lambda')^3}\right)\right] - \frac{1}{2}\,n\,.\,\mu\,.\,B$$

Diese Formel kann bis zu Bogenlängen von 130′ mit größter Sicherheit beybehalten werden, wofern

bey den n Bogenbalken bey einer Rippe, in jeder Brückenöffnung 3 Rippen genommen werden, dann jede Rippe noch mit 2 Schenkeln auf jeder Seite des Scheitels belegt wird, und diese Schenkel so weit hinauf reichen, daß zwischen solchen nur noch $\frac{1}{3}\lambda$ von jeder Rippe unbedeckt bleibt, oder daß die gedachten Schenkel auf jeder Seite des Scheitels $\frac{1}{3}\lambda$ bedecken. Bey größeren Bogenlängen können nur mehrere Rippen und mehrere Schenkel über den Rippen auch mehr als 3 Balkenbögen in einer Rippe nothwendig werden.

§. 167.

Es ist nur noch übrig, der Sicherungsformel CXXXII. eine größere Allgemeinheit zu geben. Nimmt man N Rippen statt der dreyen, so muß der Werth von Q offenbar mit $\frac{N}{3}$ multiplicirt werden. Uebertrifft λ die Bogenlängen der Augsburger Brücke beträchtlich, so muß man die Anzahl der auf den Rippen aufliegenden Seitenschenkel vergrößern. Ich finde es der Sache sehr angemessen, allgemein $\frac{\lambda' + 80}{100}$ Seitenschenkel auf jeder Seite des Scheitels zu nehmen. Giebt diese Zahl einen Bruch z. B. $2\frac{3}{5}$, so nimmt man die 2 unteren Schenkel von der Balkenhöhe β, und könnte dann noch einen dritten von der Balkenhöhe $(\sqrt[3]{\frac{3}{5}})\beta = 0{,}1 \cdot (\sqrt[3]{600}) \cdot \beta = 0{,}844 \cdot \beta$ auflegen, wenn man der Rechnung so genau folgen oder etwa einen Balken benutzen wollte, der die volle Stärke β nicht hätte.

Wenn nun gleich durch diese Verstärkung die Rippen zu beyden Seiten des von diesen Schenkeln unbedeckt bleibenden Theils der Rippe, dessen Länge allemal beyläufig $\frac{1}{3}\lambda$ betragen kann, eine solche Unbeugsamkeit erhalten, daß man die Länge des gefährteten mittleren Theils der Rippe zu beyläufig $\frac{1}{3}\lambda$ in der Formel beybehalten dürfte, so wollen wir doch zur Fortsetzung der Sicherheits-Maaßregeln $\frac{\lambda' + 80}{600} \cdot \lambda$ statt $\frac{1}{3}\lambda$ schreiben, unter der Voraussetzung, daß bey der wirklichen Anlage die Länge dieses Mittelstücks einer Rippe nicht $> \frac{1}{3}\lambda$ (beyläufig) genommen werde. Dieses giebt, indem wir zur Abkürzung

$$\text{CXXXIII.} \quad \frac{\lambda' + 80}{600} = K$$

setzen, nunmehr allgemein

$$\text{CXXXIV.} \quad Q = \left(\frac{n+1}{2}\right)^2 . N\delta'' . \left[\frac{e(\beta'')^3 v'''}{K^3 . (\lambda')^3} + \mu^3 . \left(\frac{2E(\beta'')^2}{K\lambda''} - \frac{e(\beta'')^3 . v'''}{K^3 . (\lambda')^3}\right)\right] - \frac{1}{2} N n \mu B.$$

Dabey wird vorausgesetzt, das auf jeder Rippe zu beyden Seiten des Scheitels 6K Schenkel von der Balkenhöhe β so wie man deren 2 bey der Augsburgischen Brücke zu beyden Seiten einer jeden Rippe aufgelegt sieht, angebracht werden. Die Bedeutung aller in dieser Generalformel vorkommenden Buchstaben ist folgende:

n die Anzahl der ganzen Bogenbalken, aus welchen eine Rippe besteht.

N die Anzahl von Rippen in einer Brückenöffnung.

δ'' die Dicke eines jeden Bogenbalkens in Zollen.

β'' die Höhe eines jeden Bogenbalkens in Zollen.

H die Höhe der unteren Bogenlinie, in demselben Maaße, worin im Werthe von μ die Höhe β ausgedruckt wird.

$$\mu = \frac{n\beta}{n\beta + H}.$$

v''' die zum Bogen $\frac{1}{2}\lambda$ gehörige Bogenhöhe nach der Belastung.

e eine Zahl aus CXXXI. (§. 163.).

E eine von den Zahlen §. 12.

$K = \frac{\lambda' + 80}{600}$ { in Bezug auf die angenommene Verbauung. Für nackte Bögen bleibt $K = 1$.

B das Gewicht eines einzelnen Bogenbalkens auf die ganze Länge λ.

Q die Last, mit der eine auf die angegebene Weise erbaute Bogenbrücke in ihrem Scheitel belastet werden dürfte, ohne daß für die Zeitdauer auf welche sich die Werthe e und E beziehen; einige Gefahr für die Brücke zu fürchten wäre.

§. 168.

Zum Gebrauch in der Ausübung bedarf die vorstehende Formel noch einer Aenderung. Es ist nämlich zu erwägen, daß die Rippen noch mit Bogenschenkeln, mit Schlußbalken, Straßenbäumen, Kreuzstreben, Windkreuzen, Bundbalken, Dihlboden, Pflaster und vielen Schrauben gleichförmig belastet werden. Dieses Gewicht wollen wir mit Z bezeichnen. B und Z sind also die hierbey vorkommende

unvermeidliche Nebenlast; dann hat man erst noch die Nutzlast, oder die zufällige Last, mit welcher die Straße über einer Brückenöffnung beschwert werden könnte, wenn hierzu der ganze Flächenraum benutzt würde, den die Brückenstraße darbiethet.

Für eine Bogenweite von 200 rhl. Fuß können wir nun bey einer Breite von 30′ folgendes als Maximum der Nutzlast festsetzen:

4 Fuhrwerke hinter einander . . .	400 Ztr.
4 dergl. neben ersteren	400 —
Auf jeder Seite 1 Reuter, und 22 dergleichen hinter einander, also 44 Reuter zu 10 Ztr.	440 —
In allem	1240 Ztr.

Also

$$\text{Nutzlast} = 124000 \text{ Berl. Pf.}$$

Die Fläche sey in rhl. Quadratfußen $= F$, und die Nutzlast $= M$ Pf., so hat man allgemein, weil obige Fläche $200 . 30 = 6000$ Q. F. beträgt,

$$M = \frac{F}{6000} . 124000$$

wofür wir

$$\text{CXXXV.} \quad M = 21 . F$$

setzen. Weil nun M ebenso wie B und Z gleichförmig verbreitet sind, so erhalten wir wegen dieser hinzukommenden Belastung M und Z den zugehörigen Werth von Q d. h. von dem Gewicht, womit außerdem der Scheitel noch besonders belastet werden dürfte, aus CXXXIV., indem wir $B + M + Z$ statt B setzen.

Weil wir aber außer M keine weitere Belastung im Scheitel nöthig haben, so setzen wir jetzt $Q = o$; dieses giebt

$$o = \left(\frac{n+1}{2}\right)^3 . N \delta'' (\beta'')^3 . \left[\frac{e\, v'''}{K^3 (\lambda')^3} + \mu^3 . \left(\frac{2E}{K . \beta'' \lambda''} - \frac{e\, v'''}{K^3 (\lambda')^3}\right)\right] - \tfrac{1}{3}\mu (nNB + M + Z).$$

Bezeichnen wir die in [ ] eingeschlossene Größe mit Σ, das Gewicht eines Kub. Fußes der Holzart mit p in Pfunden, und setzen daher $\lambda' \beta' \delta' . p$ oder $\frac{\lambda' \beta' \delta'}{12} . p$ statt B, so erhalten wir

$$\left(\left(\frac{n+1}{2}\right)^3 N (\beta'')^3 . \Sigma - \tfrac{1}{3} N n \mu . \frac{\lambda' \beta'}{12} p\right) . \delta'' = \tfrac{1}{3}\mu (M + Z)$$

also, 21 F statt M gesetzt,

$$\delta'' = \frac{2\mu . (Z + 21F)}{(n+1)^3 . N . (\beta'')^3 . \Sigma - 2N . \mu . \frac{\lambda' \beta'}{12} . p}$$

oder

CXXXVI. $$\delta'' = \frac{2\mu . (Z + 21F)}{N\left((n+1)^3 (\beta'')^3 \Sigma - \frac{1}{6}\mu . \lambda' \beta' p\right)}$$

s. §. 170 und 171.

§. 169.

Ex. Es sey $\lambda' = 220$, $\beta'' = 14$, $n = 4$, $N = 4$, $H' = 20$, $v''' = \frac{1}{4} H''' + k''' = 720$ (ich setze k als unbedeutend bey Seite); nehmen wir nun $e = 240$, $E = 719$ (für Förlen), $p = 40$ Pf., $K = \frac{220 + 80}{600}$

$= \frac{1}{5}$, $\mu = \frac{4 \cdot \frac{5}{4}}{4 \cdot \frac{5}{4} + 20} = \frac{1}{5}$; $Z = 10000$ Ztr. $=$ 1000000 Pf.; so wird zuerst

$$\Sigma = \frac{240 \cdot 720}{\frac{1}{8} \cdot 10648000} + 0{,}008 \cdot \left(\frac{1438}{7 \cdot 2640} - \frac{240 \cdot 720}{\frac{1}{8} \cdot 10648000} \right)$$

$$= 0{,}103.$$

Demnach

$$\delta'' = \frac{0{,}4 \cdot (1000000 + 126000)}{4\,(25 \cdot 2744 \cdot 0{,}103 - \frac{1}{8} \cdot 0{,}2 \cdot 220 \cdot \frac{5}{4} \cdot 40)}$$

$$= \frac{450400}{26797} = 16{,}8''$$

Dabey wird noch nach der Bemerkung zu CXXXIV. vorausgesetzt, daß jede Rippe auf jeder Seite des Scheitels mit 6 K Schenkeln, also hier mit 3 Schenkeln, gleichfalls zu 14″ Balkenhöhe belegt sey. Wegen der so bedeutenden Dicke δ s. §. 171.

§. 170.

Dem Leser könnte nur noch der Wunsch übrig bleiben, eine solche Berechnung mit dem Erfolg bey einer dergleichen wirklich in solcher Weite erbauten Brücke vergleichen zu können. Hierzu dient uns die von Wiebeking im J. 1809 bey Bamberg erbaute Brücke über die Regnitz. Sie hat nur eine einzige Oeffnung zu 215′ weit, so daß man beyläufig $\lambda = 220'$ setzen kann.

Die Bogenhöhe hat W. in seiner Wasserbaukunst nicht angegeben. In der Zeichnung beträgt sie 20′. In Rücksicht auf Widerstand kann die Brücke nicht ganz so angesehen werden, wie die

in unserem Ex. angenommene; die unsrige ist etwas stärker.

Sämmtliche Last des Gebäudes selbst, welche auf die Rippen druckt, beträgt, ohne das Pflaster, wenigstens 4000. Diese Brücke wurde aber gleich anfänglich noch mit einem Pflaster bedeckt, dessen Gewicht W. zu 10169 Bair. Zentner angiebt, also zu 12175 Berliner. Dieses Gewicht von mehr als 16000 Ztrn. hat man als gleichförmig vertheilt für den Werth von Z anzunehmen, wofür wir nur 10000 Zentner angenommen haben.

Die Brücke trug aber jene Last 2 Jahre lang ohne merkliche Aenderung ihrer Gestalt. Erst im 3ten Jahre fieng sie an, sich etwas zu verändern. Bis Ende 1812 hatte sich der Bogen auf der einen Seite des Scheitels um 11½ Zolle gesenkt und auf der andern um 6 Zolle erhoben.

Man erleichterte sie daher um 6500 Berl. Zntr. Pflaster, weil solches allzu hoch aufgeführt worden war. So blieben also die Rippen doch noch mit fast 10000 Zentnern beschwert. Diese Last trugen sie nicht nur, sondern hatten noch dabey einen so bedeutenden Ueberschuß von Spannkraft, daß sie nach Erniedrigung des Pflasters wieder in ihre ursprüngliche Form zurücktraten, und solche seitdem nicht änderten, obgleich die schwersten Lastwägen, Artillerie, Reuter u. dgl. oft sogar im Trabe darüber vekommen sind. Wiebeking hält sich sogar überzeugt, daß eine Ein- und Ausbeugung bey der Nebenlast von 16000 Zentnern nicht erfolgt seyn würde,

wenn nicht das häufige Rennen der Fuhrwerke und der Reuter hinzugekommen wäre. Da nun dieser Mißbrauch der Brücken allerdings mit berücksichtigt zu werden verdient, so setzen wir endlich

CXXXVII. $$\delta'' = \frac{2{,}5 \cdot \mu \cdot (Z + 21 \cdot F)}{N \cdot \left((n+1)^2 \cdot (\beta'')^3 \cdot \Sigma - \frac{1}{6} \cdot \mu \lambda' \beta' p\right)}$$

wo dann in Bestimmung von H allemal auf CXXIII. und CXXIV. Rücksicht genommen werden muß. Hiernach hätte man also im vor. §. $\delta = \frac{5}{4} \cdot 14 = 17{,}5''$.

Diese Formel hat man nun als das Resultat aller Untersuchungen von §. 148. bis hierhin zu betrachten, dabey haben die Buchstaben die Bedeutung (§. 167.), und überdas (§. 169.)

$$\Sigma = \frac{e\, v^{IV}}{K^3 (\lambda')^3} + \mu^3 \cdot \left(\frac{2E}{K \beta'' \lambda''} - \frac{e\, v^{IV}}{K^3 (\lambda')^3}\right)$$

p ist das Gewicht von 1 K. Fuß der gebrauchten Holzart in Berl. Pf.

Z das Gewicht sämmtlicher Brückentheile, deren Druck die Rippen ausgesetzt sind — es wird also das Gewicht des Pflasters mitgerechnet.

F die ganze Straßenfläche zwischen den Geländern in rhl. Quadratfußen.

Die Formel ist, wie wir gesehen haben, ganz allgemein und auf jeden Werth von H anwendbar, so daß sie selbst für $H = 0$ gültig bleibt. K bezieht sich auf die angegebene Verbauung; wo keine Verbauung angebracht werden soll, ist $K = 1$.

Wir wollen von der vorstehenden Formel auch noch eine Anwendung auf die Augsburger Brücke

machen. Für diese ist $\lambda' = 120$, $\beta'' = 14$, $H' = 11$, $v''' = 396$ (k als unbedeutend bey Seite gesetzt); $n = 3$, $N = 3$; $(\beta'')^3 = 2744$; $k = \frac{1}{3}$; $k\,\lambda' = 40$; $k^3\lambda^3 = 64000$; $k\,\lambda'' = 480$; $\mu = \frac{7}{29} = 0{,}241$; $e = 240$; $E = 719$; $\Sigma = 0{,}15$. Auch war die Bedingung §. 169. am Ende dabey beobachtet. Für die 26′ breite 144′ lange Ettringer Bogenbrücke berechnet Späth in seiner Statik der Bogenbrücken den Werth von Z (sammt Pflaster) zu 4400 Berl. Ztr., wovon man dann für die Augsb. Brücke 3800 annehmen könnte. Es ist ferner hier $F = 3120$, also (da sich diese Zahl auf bairisches Quadratmaaß bezieht) $21 \cdot F < 674$ Zentner. Wir können also $Z + 21 \cdot F$ kaum $= 4400$ Ztr. annehmen, wollen aber dennoch 4500 dafür setzen. Hiernach erhalten wir nun

$$\delta'' = \frac{2{,}5 \cdot 0{,}241 \cdot 450000}{3 \cdot (16 \cdot 2744 \cdot 0{,}15 - \frac{1}{6} \cdot 0{,}275 \cdot 120 \cdot \frac{1}{6} \cdot 40)}$$

$$= \frac{2{,}5 \cdot 0{,}241 \cdot 450000}{3 \cdot (6585 - 256)}$$

$$= 14''$$

Bey der wirklichen Anlage waren die Bogenbalken etwa $14''$ ins Gevierte stark, näml. δ'' zwar nur $= 13''$ dagegen aber β zwischen 14 und $15''$. S. Anm. zu §. 171.

Anm. Der Erbauer der kühnen Bamberger Brücke wird es uns nicht verargen, wenn wir hier noch unseren Zweifel zu erkennen geben, daß die Bogenhöhe wirklich 20 Fuße betrage,

wie solche die Zeichnung in seiner Wasserbaukunst angiebt. Zu diesem Zweifel veranlaßt uns fürs erste die so frühe erfolgte Ein- und Ausbeugung, welche er zum Theil dem Traben über die Brücke zuschreibt; fürs andere hat er sich in seiner Brückenbauk. gar nicht auf die Bestimmung der Bogenhöhe eingelassen, da er doch alle übrigen Abmessungen ausdrücklich angegeben hat; fürs dritte sagt er nicht, ob er die Brücke so gezeichnet habe, wie er sie nach erfolgtem Setzen befunden, oder so wie er sie ursprünglich entworfen habe. Dieses Setzen mußte aber wenigstens $1\frac{1}{2}$ Fuß betragen. Fürs vierte wäre eine solche Bogenhöhe (obgleich 20′ in der That noch zu wenig war) gegen seine eigenen damalige Maximen, indem er in seinen Beiträgen zur Brückenbaukunst nachstehende Bogenhöhen festsetzt:

$\frac{1}{24}$ der Oeffnungsweite, wenn diese	100′	— 150′
beträgt		
$\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{18}$	150	— 200
$\frac{1}{15}$	200	— 300
$\frac{1}{14}$	300	— 400
$\frac{1}{13}$	400	— 500
$\frac{1}{12}$	500	— 600

Hiernach würde er der Bamberger Brücke kaum 15′ zur Bogenhöhe gegeben haben, und wir sind doch wohl berechtigt, von ihm die

Beobachtung seiner eigenen Maximen zu erwarten.

§. 171.

Die Berechnung kann einen solchen Werth für δ geben, welchem in der Ausübung durch keine einfache Balkendicke, bey etwas beträchtlicher Länge der Balken, Genüge geschehen kann, wie dieses der Fall §. 169. ist, wo δ nach §. 170. vergrössert $= 17\frac{1}{3}$ wäre, welches bey einer Balkenhöhe $\beta = 14''$ in der Ausübung mit einem Balken nicht allemal ausgeführt werden kann. In solchen Fällen muß man N vergrössern. Dort war $N = 4$, und $4 . 17{,}5 = 70''$; nimmt man nun $N = 6$ so wird, $\delta = \frac{70}{6} = 11{,}66''$. Zwey dergleichen lege man unter der Mitte der Brückenstraße neben einander, dann unter jedes Brückengeländer eine, und in die Mitte von jedem Zwischenraum zwischen den mittleren und äusseren Rippen noch eine. Ueberhaupt bringe man allemal zwey Rippen neben einander unter der Mitte der Brückenstraße an, und ramme darum in der Mitte einer jeden Jochwand einen Pfahl ein, dessen Breite noch um $1''$ mehr als 2δ (hier also $24\frac{1}{3}''$) beträgt, welchen man aus Eichenholz noch erhalten kann. Man kann aber dafür auch 2 zu $12\frac{1}{2}''$ breit neben einander eintreiben. Der wesentliche Vortheil dieser Eintheilung besteht darin, daß man auf solche Weise zwey vollständige Brücken von der halben Breite neben einander erhält. Sollen nun Reparaturen an der Brücke vorgenommen werden, so kann

man

man die eine Hälfte nach der ganzen Länge wegnehmen, und das weggenommene eine Geländer auf die eine mittlere Rippe versetzen. Alles Fuhrwerk kann jetzt auf der stehen bleibenden Hälfte ungehindert überfahren. Ist die erste Hälfte wieder hergestellt, so wird die Reparatur an der anderen vorgenommen.

Eben darum muß man auch eine Bogenbrücke nicht unter 26′ breit machen (zwischen den Geländern), damit die halbe Breite zum Ueberfahren nicht nur hinlänglich, sondern auch noch Raum für Fußgänger übrig bleibe.

Anm. Für die hinlängliche Festigkeit der Augsburger Brücke (noch im Alter von 45 J.) fanden wir im vor. §. $\delta = 14''$, also für die 3 Rippen zusammen 42″. Nach der vorstehenden Bemerkung würden wir $N = 4$ genommen, also für jede der 4 Rippen $\delta = 11''$ gemacht, und zwey davon in der Mitte der Brückenstraße neben einander angebracht haben.

Wir bemerken übrigens noch von dieser im J. 1808 erbauten Brücke, daß sie bis ins J. 1813 selbst jeden Mißbrauch ohne den mindesten Nachtheil ausgehalten hatte. Wiebeking sagt in der Wasserbauk. S. 359:

„Der erste (über diese Brücke fahrende) Last„wagen war so groß, wie man vielleicht nie ei„nen aus Augsburg hatte fahren lassen. Acht„zehen starke Pferde zogen denselben mit „Anstrengung auf der ebenen Chaussee

„fort. Ueber tausend Menschen aus Augs-
„burg standen auf der Brücke. Kaum hatten
„die vorderen Pferde die Brücke betreten, so
„ließen diejenigen, welche soweit in ihrem Hasse
„und in ihrer Dummheit giengen, indem sie
„hofften, dieser Lastwagen werde der Brücke
„schädlich seyn, den Fuhrleuten zurufen: Trott,
„Trott! Es wurde von vielen Seiten auf die
„Pferde geschlagen, und so der Lastwagen im
„stärksten Trabe über die Brücke gesprengt, ohne
„daß die darauf stehende Volksmenge die ge-
„ringste Erschütterung verspührte. Es sind selbst
„Kavallerie-Regimenter in vollem Trott die
„Brücke passirt, ohne daß sie den geringsten
„Nachtheil erfahren hätte."

Man kann hieraus auf die große Sicherheit schließen, mit der unsere Formel (CXXXVII.) den Werth von δ bestimmt, da sie wirklich $\delta = 14''$ fordert.

Dennoch senkten sich im Jahr 1813 die Bögen über den beyden äußeren Brückenöffnungen, zwischen der Jochwand und dem nächsten Widerlager; über der einen Oeffnung um $12''$ und über der andern um $18''$.

Wiebeking schreibt dem Mißbrauch der Brücke sehr vieles zu, erwähnt aber auch den Umstand, daß sich die Stützschwellen p auf den Widerlagern (Fig. 96.) etwas verschoben hätten, auch daß das Holz zu dieser Brücke im Sommer habe gefällt werden müssen.

In der That beweisen die angeführten gewaltsamen Proben, welche man gleich anfänglich mit dieser Brücke vornahm, hinlänglich, daß sie, in Bezug auf die erforderlichen Abmessungen ihrer Theile von ihrem Erbauer alle die Festigkeit erhalten hatte, welche ihren sicheren Bestand wenigstens auf die ersten 45 Jahre hinlänglich verbürgte. Und gewiß würde jener Unfall nicht erfolgt seyn, wenn sich, bey sonst gesundem Holze die Bögen nicht gesetzt, die Stützschwellen auf den Widerlagern sich nicht verrückt, und die einzelnen Bogenbalken sich zu einem gemeinschaftlichen Kreisbogen zusammengeschlossen und nach dem Setzen noch einen Bogen von 11″ Höhe gebildet hätten; und es verdient in dieser Hinsicht die seltene Sagacität dieses Baumeisters in der That unsere Bewunderung, da er bey seinen Brückenanlagen keine Formel vor sich hatte, nach der er etwa hätte rechnen können.

Er sagt zwar in seiner Brückenbaukunst, die Bogenhöhe habe er gleich anfänglich zu 11′ bestimmt; da er aber, welches er doch zum Beweise seiner großen Vorsicht höchst wahrscheinlich gethan haben würde und zur Belehrung hätte thun müssen, nicht ausdrücklich bemerkt, daß er auf das nachmalige Setzen der Brücke Rücksicht genommen und deßhalb die anfängliche Bogenhöhe z. B. zu 12′ hoch im Werksatze angelegt habe, so dürfen wir wohl annehmen, daß die wirkliche Bogenhöhe, nach erfolgtem Setzen, noch nicht 10′ betragen habe. Und da ich selbst im J. 1812 die vorzüglichsten Wiebekingschen Bogen-

brücken in Baiern bereist habe, und unter diesen auch die Augsburger, so muß ich gestehen, daß ich ihre Bogenhöhe nach dem Augenmaaße kaum zu 10′ schätzen konnte. Hiermit verlohr aber die Brücke schon etwas an ihrer Festigkeit.

Ein noch weit wichtigerer Umstand war aber das Verschieben der Stützschwellen auf den Widerlagern; und diesem, war offenbar bey weitem am meisten jener Unfall zuzuschreiben, da derselbe über der mittleren Brückenöffnung, wo kein solcher Verschub eintreten konnte, nicht erfolgte. Wiebeking erinnert, daß man seine Vorschrift, hinter den Widerlagern Pfahl an Pfahl einzutreiben nicht befolgt, sondern solche in bestimmten Entfernungen von einander eingetrieben habe. Dieses setzen wir allerdings auch beym Gebrauch unserer obigen Formel voraus. Außerdem haben wir hinter der Pfahlreihe, in welcher der **a b** steht, noch eine besondere Verwahrung angebracht (Fig. 96.), welche man bey der Augsburger Brücke nicht findet, s. hiervon unten (§. 180.). Endlich verdient auch die Krümmung der Balken eine Bemerkung. Wir haben zwar unsere Formel auf die Erscheinungen bey solchen Balken gegründet, welche Wiebeking auf seine Weise gekrümmt hatte, indem er die Balken über Unterlager beugen läßt, welche mit ihren höchsten Stellen in eine cylindrische Fläche fallen; aber die so gekrümmten Balken springen nach weggenommenen Unterlagen allemal wieder in Formen zurück, die gegen die Enden hin merklich weniger als gegen den Scheitel gekrümmt sind, und die

beym nachmaligen Wiederniederziehen auch allemal gegen die Enden eine geringere Beugung wieder annehmen. Man thut daher wohl, wenn die Unterlagen gegen die Enden der Bogenbalken niederer legt, als die Kreisform erfordert, um sie anfangs gegen die Enden etwas stärker zu beugen *). Uebrigens erhellet aus diesem allem um so mehr die große Brauchbarkeit und Allgemeinheit der Formel CXXXVII. für alle Fälle der Ausübung, wenn die angegebene Bauart beybehalten wird.

Unverrückbarkeit der Unterstützungen an den Enden der Bogenrippen ist eine unnachläßliche Bedingung; geschieht dieser nicht Genüge, so sind solche Erfolge, wie bey der Augsburger und Bamberger Brücke unvermeidlich, und der Grund eines solchen Erfolgs liegt dann keineswegs darin, daß man δ zu klein genommen hätte, da eine solche Erscheinung beym mittleren Bogen der Augsburger Brücke bis jetzt noch nicht bemerkt worden ist. Man muß vielmehr bemerken, daß größere Werthe von δ vermöge der größeren Dehnkraft noch nachtheiliger für die Widerlager werden.

§. 172.

Da nach der Anm. zu §. 170. Wiebeking die Bogenhöhe einer 600′ weiten Bogenöffnung zu 60′ angiebt, so folgt hieraus seine Erklärung, daß man seine Brückenbögen auch noch bis zu solchen Bogen-

*) Oben (§. 147.) ist hierauf schon die gehörige Rücksicht genommen worden, s. die dortige Note.

öffnungen ohne alle Gefahr anwenden könne. Unsere Formel giebt hierüber eine wie wohl nur bedingte Entscheidung. Eine beiläufige Vergleichung mit der Brücke §. 169. ergiebt für 600′ weite Oeffnungen wenigstens 24 solche Rippen, deren man dort 6 hatte, jede mit 4 Balkenbögen zu 14″ hoch, auch auf jeder Rippe 7 Bogenschenkel zu 14″ hoch auf jeder Seite des Scheitels. Da jede Rippe 14″ dick ist, so geben 24 solche Rippen, dicht neben einander gesetzt, schon eine Breite von 28′. So breit müßte also die Brücke wenigstens seyn, um das hölzerne Gewölbe aufführen zu können. Die genauere Berechnung bleibt dem Leser überlassen. Eine solche Bestimmung gilt aber doch nur unter der Bedingung, daß Widerlager und Jochwände den Seitendruck auszuhalten vermögen, der bey so gespannten Bögen von Bedeutung ist. Dieser Gegenstand verdient noch eine eigene Betrachtung, die wir nachholen werden. Wir wollen hier nur darauf aufmerksam machen, daß der Seitendruck desto nachtheiliger auf die Jochwände wirken müsse, je höher die Balkenbögen an den Jochpfählen über dem Boden angreifen, daß also die Vergrösserung von n nicht blos wegen des vergrösserten Seitendrucks, sondern auch wegen des zugleich vergrösserten Moments dieses Seitendrucks den Jochwänden immer nachtheiliger wird. Bey Flüssen, die zu einer sehr bedeutenden Höhe anwachsen z. B. zu 10 — 12 und mehr Fußen kann daher der Seitendruck der Rippen für den Bestand der Jochwand und eben darum für den der Brücke

selbst sehr gefährlich werden, desto gefährlicher, je mehr Balkenbögen man zu einer Rippe zu nehmen genöthigt ist. Und da die Sicherheit für die Ausübung erfordert, daß die Jochwände, sobald nämlich mehr als eine erforderlich wäre, auch als Widerlager müßten bestehen können, damit, wenn eine zu Grund geht, nicht alle übrigen mit zu Grund gehen müssen; so wird für den Fall mehrerer Jochwände die Bogenweite schon aus den angeführten Gründen in gewisse Gränzen beschränkt.

Hierzu kommt aber noch der Umstand, daß bey so dichter Zusammenstellung der Rippen die zu unserer Formel bedungene Verbauung wegfällt, indem sich jezt fürs erste zwischen den Rippen weder Windkreuze noch Kreuzstreben anbringen lassen; fürs andere aber auch keine Jochpfähle eingetrieben werden können, welche die Höhe von 50′ noch bedeutend überschreiten müßten. Wegen dieses lezteren Umstandes s. §. 175. Wir betrachten hier zunächst den ersteren.

Wollte man eine 1200′ lange Bogenbrücke mit nur einer Jochwand bauen, so müßte man die dicht an einander liegenden nackten Rippen verhältnißmäßig durch Unterstüzung und Verspannung eben so verstärken, wie dieses bey der Augsburger Brücke geschehen ist.

Dieses kann dadurch bewerkstelligt werden, daß man auf die beiden äusseren so wie auf die beiden mittleren Rippen einen Balkenbogen mehr auflegt, als auf die zwischenliegenden. Auf diese werden nun-

mehr Schlußbalken, wie Nro. 7. Fig. 96., aufgelegt, und diese, wie bey der Augsburger Brücke durch Bundbalken, die nach der Breite der Brücke laufen, unter einander verbunden. Die über die mittleren und äußeren Rippen laufenden Bundbalken werden in Rinnen oder Vertiefungen, welche in diesen Rippen ausgehauen werden, eingelegt, wie bey der Augsburger Brücke; auch die übrigen Bundbalken werden wie bey dieser Brücke angebracht; nur darf zwischen diesen Bundbalken und dem darunter liegenden Balkengewölbe kein leerer Zwischenraum statt finden. Ebendarum müssen daher jetzt überall zwey solche Bundbalken auf einander liegen. Zu dem Ende werden die obersten Bogenbalken der mittleren und äußeren Rippen auf ihrer unteren Fläche, und die obersten Bogenbalken der zwischenliegenden Rippen auf ihrer oberen Fläche mehrere Zolle tief ausgeschnitten, damit die unteren Bundbalken wie die oberen nach der ganzen Breite der Brücke durchlaufen können. Es versteht sich, daß auch diese unteren Bundbalken selbst an den Stellen, wo sie durch die mittleren Rippen durchgehen, auf ihrer oberen und unteren Fläche einige Zolle tief ausgeschnitten seyn müssen. Nunmehr können die Windkreuze zwischen den oberen Bundbalken gehörig angebracht werden.

Um aber den Widerstand, welchen die Kreuzstreben bey der Augsburger Brücke leisten, verhältnißmäßig zu ersetzen, sind die zu den 24 Rippen noch hinzugekommenen vier noch nicht hinlänglich. Wir legen daher auch unter jede der beyden mittle-

ren sowohl als der beyden äußeren Rippen noch einen Balkenbogen, daß also jede dieser 4 Rippen nunmehr 6 Balkenbögen enthält, da alle zwischenliegenden nur 4 dergleichen enthalten. Diese untersten (von oben herab die 6ten) werden nun wieder wie vorhin mittelst durchlaufender starker Bundbalken, die zugleich (indem sowohl diese Balken als die 6ten und 5ten Balkenbögen gehörige Ausschnitte erhalten) in die 5ten Balkenbögen mit eingreifen, unter einander verbunden. Dann werden in den Ecken, welche die Bundbalken mit den untersten Balkenbögen bilden, Klötze (zu 14″ hoch, wenn die Balkenbögen und Bundbalken 14″ hoch sind) angelehnt, und zwischen solchen die Kreuzstreben eingespannt, die gleichfalls aus 14″ hohen Hölzern bestehen.

Mit jenen Windkreuzen, diesen Kreuzstreben (welche zugleich auch noch als Windkreuze wirken) und den hinzugekommenen 8 ganzen Balkenbögen ist die Brücke aufs vollkommenste gesichert. Wir merken nur noch an, daß die bey den äußeren unter dem Geländer hinlaufenden Rippen von den nächst anliegenden allemal um wenigstens 12″ abstehen müssen, um zu beyden Seiten der an den äußeren Jochpfählen angebrachten Stützpfosten die bis zur Oberfläche der äußeren Schlußbalken reichenden Säulen oder Pfosten gehörig aufstellen zu können.

Da dergleichen 600′ weite Rippen allemal zu einer bedeutenden Höhe über den höchsten Wasserspiegel steigen, so hängt die Ausführung noch davon ab;

ob die Lage der Ufer eine solche Höhe gestattet *), und ob sich die Pfähle zur erforderlichen Tiefe eintreiben lassen, s. §. 174.

Bis auf noch größere Bogenweiten wird man wohl keine Anwendung dieser Brücken verlangen. In dieser Hinsicht glauben wir daher im Bisherigen alle Fälle behandelt zu haben, welche in der Ausübung vorkommen können. Wer den Bau für Brücken, mit Oeffnungen zu 120, 220 und 600 Fuß weit, anzugeben weiß, wird keines besonderen Unterrichts bedürfen, um den Bau zu einer 160 — 250 — 300 — 400 Fuß weiten Oeffnungen gehörig anzugeben. Welche Abänderungen übrigens nach den verschiedenen Werthen von H bey den übrigen Anordnungen des ganzen Gebäudes statt finden, ergiebt sich aus unserer Formel CXXXVII., wonach sich nun auch leicht die Frage beantworten ließe, ob zu einem 600′ weiten Bogen nicht etwa auch eine Bogenhöhe von 40′ zureiche?

V. Nöthige Bemerkungen zur erforderlichen Festigkeit der Jochwände und der Widerlager.

§. 173.

Vom Bau der Jochwände haben wir oben schon

*) Wir erinnern noch einmal, daß wir für $n = 4$ den Werth von $N = 24$ nicht nach wirklicher Berechnung sondern nur nach einem beyläufigen Ueberschlag so angenommen haben. Im Falle der Ausübung hätte also der Ingenieur vorher zu prüfen, ob $n = 4$ und $N = 24$ wirklich $\delta = 14''$ gebe, wie wir angenommen haben.

das Nöthige vorgetragen. Hier haben wir nur noch über ihre Festigkeit, die wir im Bisherigen postulirt haben, einige Bemerkungen nachzuholen. Diese muß in dreyerley Rücksichten betrachtet werden: 1) in Bezug auf den lothrechten Druck, vermöge dessen die Pfähle tiefer sinken könnten; 2) in Bezug auf den Seitendruck, insofern solcher, einseitig wie auf ein Widerlager wirkend, eine Jochwand ganz umzuwerfen vermögend wäre, und 3) in Bezug auf den einseitigen Seitendruck, insofern solcher die Pfähle einer Jochwand über dem Boden abzubrechen vermögte.

§. 174.

Wir hatten (§. 170.) für die Augsburger 26′ breite Brücke, auf eine Oeffnung, $Z + 0{,}21 \cdot F = 4500$ Zentner; für eine 600 Fuß lange etwa 30′ breite Brücke können wir daher höchstens 6 . 4500 oder 27000 Zentner annehmen. Hierzu kommt noch das Gewicht von 24 Balkenbögen zu 608′ lang und 14″ ins Gevierte stark; ihr Kub. Inhalt ist 17024 K. Fuß. Nehmen wir solche in rhl. Maaße und setzen zum Ueberflusse das Gewicht von 1 K. F. = 40 Berl. Pf., so ist ihr gesammtes Gewicht = 680960 Pf. = 6809 Zentner; aber jede der 24 Rippen enthält 4 dergleichen Balkenbögen, also ist ihr Gewicht = 4 . 6809 = 27236 Ztr.; hierzu die vorigen 27000 Zentner addirt, giebt in runder Zahl

54000 Berl. Zentner.

Soviel hat jede Jochwand bey einer Brücke mit 600′ weiten Bögen zu tragen.

Für 24 neben einander liegende Rippen zu 14″ dick haben wir eine Jochwand von 24 Pfählen, die wir, nach der Breite der Brücke gemessen, zu 15″ dick annehmen, damit sie, Pfahl an Pfahl eingetrieben, die ganze Breite von 30 Fuß geben.

Jeder Pfahl hat also eine Last von $\frac{54000}{24} = 2250$ Ztrn. zu tragen. Setzen wir nun in (XVIII.) $n = 1$, $S = 2250$; $P = 15$, $Q = 40$, $H = 6$, $t = \frac{1}{36}$, so wird

$$\tau = \frac{15 \cdot 6 - 2{,}5 \cdot \frac{1}{36} \cdot 2250}{5 \cdot (1 + \frac{40}{15}) \cdot 2250 - (15 + 40)}$$

Da dieser Werth verneint ausfällt, so bleibt die Zugramme hier unanwendbar, wenn man nicht annehmen wollte, t müßte als unbedeutend klein, wenigstens vielmal kleiner als $\frac{1}{36}'$ oder 4‴ angenommen werden. Das hieße aber, einen so wichtigen Bau als ein bloßes Wagestück auf geradewohl versuchen. Wir wären also genöthigt, eine Haspelramme zu gebrauchen. Nehmen wir jetzt $H = 12'$, so wird

$$\tau = \frac{180 - 156}{41195} = \frac{24'}{41195} = 0{,}084‴.$$

Wird also jeder Pfahl so tief eingetrieben, bis die letzten 30 Schläge zusammengenommen ihn nicht mehr über 30 . 0,84 oder 2,5‴ tief eintreiben, so ist man seines festen Standes gewiß.

Wir haben diese Berechnung sogleich auf die ungeheure Last eines 600′ Fuß weiten Bogens angewendet, um hiermit um so viel mehr zu überzeugen,

daß für jede Bogenbrücke die Pfähle einer Jochwand bis zur hinlänglichen Festigkeit eingetrieben werden können. Doch würde ich in solchen Fällen allemal eine doppelte, dreifache ꝛc. Pfahlreihe zu einem Joch vorschlagen. S. §. 179.

§. 175.

Es fällt aber gleich ins Auge, daß wir keine 70 — 80 Fuß lange eichene Jochpfähle eintreiben können, indem wir nicht nur zum Aufstellen der Ramm-Maschine allzu hohe Gerüste aufbauen müßten, sondern auch so lange Eichen in der erforderlichen Stärke nicht finden würden. Wir können daher bey Brücken, deren Bögen über 25′ hoch sind, die Jochwände nicht bis zu den Bundbalken hinauf reichen lassen, wie bey der Augsburger Brücke, sondern nur 3 — 4 — 5 — 6 Fuß hoch über die Stelle an den Stützbalken, in welcher die obere Fläche der obersten Balkenbögen einer Rippe an den Stützpfosten anliegt. Die Stützbalken aber mit ihren beiden Seitenstücken werden bey den beiden äusseren und mittleren Rippen bis zum Schlußbalken hinaufgeführt, wie bey der Augsburger Brücke.

Das Rahmstück, die Pette, der Deckbalken, oder das Kronholz, welches über sämmtliche eingezapfte Pfähle des Jochs hinlauft, liegt also bey solchen 600′ weiten Bögen beträchtlich tief unter dem Schlußbalken-Lager. Man setzt daher auf dieses Kronholz, an beiden Enden, in der Mitte und zwischen der Mitte und beiden Enden, in allem 5 Pfosten auf, die man durch Kreuzstreben unter einander

verbindet und dann gleichfalls mit einem Kronholz bedeckt. Zur Rechten und Linken der so aufgerichteten Wand, deren Kronholz 3 — 4 Fuße tief unter dem Schlußbalken liegt, werden Balkenwände auf die obersten Rippenhölzer nach der Breite der Brücke aufgesetzt (d. h. Balken auf Balken), wovon aber die der Wand am nächsten liegenden nicht über 50′ weit von einander abstehen dürfen. Diese letzten etwa 50′ weit von einander abstehenden Balkenwände werden, über den äusseren und den beiden mittleren Rippen durch Balken, welche nach der Länge der Brücke über das Kronholz der aufgesetzten Wand hinlaufen, unter einander verbunden. Es werden jedesmal drey solche Balken auf einander gelegt, welche an ihren Enden mit angeschnittenen 7″ dicken Zapfen (die nämlich halb so dick sind, als die Balken selbst) in die beiden Balkenwände allemal zwischen zweyen hierzu gehörig ausgeschnittenen Balken eingreifen, wie der q q Fig. 98. II.

Der oberste von diesen dreyen Balken erhält dann allemal die Lage wie der eben erwähnte q q. Statt des einfachen Bundbalkens v werden dann allemal 2 auf einander gelegt.

So bleibt also in Bezug auf lothrechten Druck die Ausführung selbst eines 600′ weiten Bogens allerdings möglich, wofern die Lage der Ufer so hohe Bögen gestattet.

§. 176.

Es kommt aber ausser dem lothrechten Druck auch noch der wagrechte Seitendruck in Betrachtung,

welchen die Jochwände von weit gespannten Bögen auszuhalten haben.

Es sey c d (Fig. 95.) ein in c befestigter elastischer Balken, der durch eine in d angebrachte Kraft senkrecht auf d e nach d h in dieser Krümmung erhalten werde; die hierzu erforderliche Kraft sey p; c f sey lothrecht und d f wagrecht; in d werde eine Kraft = q nach d f angebracht, welche gleichfalls den Balken in seiner Krümmung zu erhalten vermögend wäre, und f g sey ein Perpendikel auf d h, so ist

$$p : q = d g : d f$$

Verlängert man c f und d g bis zu ihrem Durchschnittspunkte k, so sind c k und d k die Krümmungshalbmesser, und es ist f k d = d f g, daher d g : d f = d f : d k; also

$$p : q = d f : d k = \tfrac{1}{2} w : r$$

wenn, wie bisher, w die ganze Bogenweite (2 . d f) und r den zugehörigen Halbmesser bezeichnet.

Demnach

CXXXVIII. $q = \frac{2r}{w} \cdot p$

Anm. Bey den Wiebekingschen Krümmungsversuchen war zwar die beugende Kraft p nicht gegen den Mittelpunkt k gerichtet, sondern lothrecht, wobey also p etwas grösser ausfiel, als bey centraler Richtung; da es uns aber hier überall um größtmögliche Sicherheit für die Ausübung zu thun ist, so ist es um so viel zweckmässiger, die vorstehende Formel so zu gebrauchen, als ob die an d von Wiebeking angewen-

dete Zugkraft eine centrale Richtung gehabt hätte.

§. 177.

Substituiren wir in vorstehender Formel statt p den Werth von P aus CXIX., so erhalten wir in Bezug auf nackte Bögen, die auch mit sonst keiner Last beschwert sind, beinahe

CXXXIX. $q = \frac{2r}{w} \cdot \left(61 \cdot \frac{\delta'' \cdot (\beta'')_3 \cdot H'''}{(\lambda')^3} - \frac{1}{4} B\right)$

für einen Balkenbogen.

Behalten wir bey n auf einander liegenden Balkenbögen für jeden dieselbe Dehnkraft bey, so wird für alle n Bögen einer Rippe

CXXXX. $q = \frac{2r}{w} \cdot n \cdot \left(61 \cdot \frac{\delta'' (\beta'')_3 H'''}{(\lambda')^3} - \frac{1}{4} B\right)$

und für N solche Rippen

CXLI. $q = \frac{2r}{w} \cdot N \cdot n \cdot \left(61 \cdot \frac{\delta'' (\beta'')_3 H'''}{(\lambda')^3} - \frac{1}{4} B\right)$

Dieses wäre also die Grösse des Seitendrucks, den N nackte Rippen auf eine Jochwand ausüben.

§. 178.

Aber die Bögen sind theils durch Verstrebungen, theils durch Bundbalken, theils mittelst ($1\frac{1}{2}'' - 2''$ starker) Schrauben verspannt, und hierdurch eines grossen Theils ihrer Dehnkraft beraubt worden; auserdem werden sie schon durch die zum Brückengebäu-

de

de selbst erforderlichen Massen sehr belastet, und hiermit wird ihre Dehnkraft, also ihr Seitendruck wieder ansehnlich vergrössert. Die Zusammensetzung des Baues in der Verbindung mit Kräften, die wir nicht hinlänglich kennen, läßt hier keine eigentlich theoretische Untersuchungen zu. Es kann daher hier, wo es immer nur um einen bedeutenden Ueberschuß von Festigkeit zu thun ist, genügen, in Bezug auf Verbauung und gleichmässig vertheilte Belastung, den Erfolg so anzusehen, als wäre die von c bis d (Fig. 95.) gleichmässig vertheilte Last ($\frac{1}{8}$ Z + 10,5. F) ein steifer an d und c angelehnter Balken von dem Gewicht $\frac{1}{8}$ Z + 10,5 F in Bezug auf Berl. Pf.

Die Kraft, mit welcher ein solcher Balken von f nach d wirkt, ist $\frac{1}{8}$. ($\frac{1}{8}$ Z + 10,5 F) . Cot. $\frac{1}{8}$ c k d = ($\frac{1}{4}$ Z + 5,25 . F) . Cot. $\frac{1}{8}$ c k d. Wir denken uns nämlich die über c d liegenden nackten Rippen vermöge ihrer Elasticität für sich schon nach f d so wirkend, daß aus dieser Kraft q eine nach c d schiebende entsteht, die dann = q . Cos. c k d wäre. Diese Vorstellung rechtfertigt die Hypothese, die auf dem Bogen gleichmässig vertheilte Masse, obgleich der Bogen bey c mit der anderen Hälfte zur Linken zusammenhängt, doch so zu betrachten, als ob sie auf einem steifen Balken c d gleichmässig vertheilt wäre, den man an eine lothrechte Wand f m angelehnt hätte; um so mehr, da von wirklichem Verschieben hier eigentlich nicht die Rede ist, sondern nur vom Streben zum Verschieben; dieses

Streben wird aber schon durch das Streben q oder q . Cos. c k d begründet.

Es sey nun zur Abkürzung $(\frac{1}{4} Z + 5{,}25 \cdot F) \cdot \text{Cot.} \frac{1}{2} c k d = \pi$, so ist für einen solchen Bogen, in Bezug auf die damit verbundene Umdrehnng bey c das statische Moment von $\pi = cf \cdot \pi = (H + \beta) \cdot \pi$

Der Zusammenhang des Bogenbalkens bey c ist (§. 10.) $= \delta'' \cdot \beta'' \cdot k$, also das statische Moment $= \frac{1}{2} \delta'' (\beta'')^2 \cdot k$ und für das Gleichgewicht mit der schiebenden Kraft μ

$$(H'' + \beta'') \cdot \pi = \tfrac{1}{2} \delta'' \cdot (\beta'')^2 \cdot k$$

also

$$\pi = \frac{\delta'' \cdot (\beta'')^2 \cdot k}{2 (H'' + \beta)}$$

oder

$$\pi = \frac{72 \cdot k \cdot \delta' (\beta')^2}{H' + \beta'}$$

Bezeichnen wir also den mit Rücksicht auf den Widerstand des Zusammenhangs bey c noch bleibenden Ueberschuß der von der Belastung herrührenden Schubkraft nach fd mit W, so hat man

$$W = \pi - \frac{72 \cdot k \cdot \delta (\beta')^2}{H + \beta}$$

oder

$$W = (\tfrac{1}{4} Z + 5{,}25\ F) \cdot \text{Cot.} \tfrac{1}{2} c k d - \frac{72\, k \cdot \delta (\beta')^2}{H + \beta}$$

Statt Cot. $\frac{1}{2}$ c k d kann man auch $\frac{\frac{1}{2}w}{H}$ setzen, unter $\frac{1}{2}$ w die halbe Bogenweite verstanden, also

CXLII. $$W = (\tfrac{1}{4}Z + 5{,}25 \,.\, F) \,.\, \frac{w}{2H} - \frac{72\,k \,.\, \delta \,.\, (\beta')^3}{H + \beta}$$

Wir haben hier die absolute Festigkeit (k) aus §. 10. in Rechnung gebracht, ohne auf §. 12. Rücksicht zu nehmen, weil jeder merkliche Schub nach fd, folglich auch jede merkliche Faserndehnung im Scheitel c vermieden werden soll. Hiernach wird also, wenn q das gesammte Streben, nach fd zu schieben oder den gesammten Seitendruck eines Balkenbogens bedeutet, nach (CXXXIX.)

$$q = \frac{2r}{w} \,.\, \left(61 \,.\, \frac{\delta''\,(\beta'')^3\,H'''}{(\lambda')^3} - \tfrac{1}{4}B\right)$$

$$+ (\tfrac{1}{4}Z + 5{,}25 \,.\, F) \,.\, \frac{w}{2H} - \frac{72\,k \,.\, \delta\,(\beta')^3}{H + \beta}$$

und für N . n Balkenbögen

CXLIII. $$q = \frac{2r}{w} \,.\, \left(61 \,.\, \frac{\delta''\,(\beta'')^3\,H'''}{(\lambda')^3} - \tfrac{1}{4}B\right) . N . n$$

$$+ (\tfrac{1}{4}Z + 5{,}25 \,.\, F) \,.\, \frac{w}{2H} - \frac{72 \,.\, k \,.\, \delta\,(\beta')^3}{H + \beta}$$

Die Hypothese, auf welcher die Bestimmung des Werths von W beruht, giebt wegen der zur Vergrößerung der Steifigkeit der Bögen getroffenen Veranstaltung allerdings den Werth von W zu groß an, wie solches auch von dem Werthe XLI. gilt, zumal, da die Dehnkraft der Bögen nach fd schon im Werksatze selbst während der Verspannung merklich kleiner wird, als sie sich beym ersten Krümmen in den

Wiebekingschen Versuchen zeigte. Inzwischen ist dieses der in der Ausübung erforderlichen Sicherheit angemessen, und wir erhalten doch hiermit analogische Bestimmungen für die Sicherheit.

§. 179.

Hierbey muß noch in Erwägung gezogen werden, daß die Jochwand auf jeder Seite in ihren Stützpfosten einen lothrechten Druck $= \frac{1}{4}Z + 5{,}25\,F + N \cdot n \cdot \frac{1}{4}B$ auszuhalten hat, welcher nach d m (Fig. 94.) wirkt. Bezeichnen wir diesen Druck mit Δ, die Entfernung k m oder e d mit e, die Höhe e k mit h, und nehmen q aus CXLIII., so bleibt noch

$$\text{Druck nach } eo = q - \frac{e}{h} \cdot \Delta$$

Besteht die Jochwand aus $\mathfrak{N}$ Pfählen, so leidet jeder nach e o einen Druck

$$= \frac{q - \frac{e}{h} \cdot \Delta}{\mathfrak{N}}$$

Die Dicke des parallelepipedischen eichenen Pfahls nach der Länge der Brücke ist hier β, die nach der Breite $= \delta$. die Höhe e s (Fig. 94.) sey $= \mathfrak{H}$, so ist, weil hier das Gewicht des Pfahls zu seiner Beugung und Brechung nichts beyträgt, aus (§. 12. IV.), weil hier der Druck am Ende wirkt

$$Q = \frac{\mathfrak{E} \cdot \delta \cdot \beta'''}{2\,\mathfrak{H}} \text{ Berl. Pf.}$$

Also muß

$$\frac{q - \frac{e}{h} \cdot \Delta}{\mathfrak{N}} = \frac{\mathfrak{E} \cdot \delta \cdot \beta'''}{2\,\mathfrak{H}}$$

seyn, oder

CXLIV. $\beta'' = \sqrt{\frac{2\,\mathfrak{H}\,.\,(q - \frac{e}{h}\,.\,\Delta)}{\mathfrak{N}\,.\,E\,.\,\delta}}$

Einige Berechnungen ergeben, daß bey etwas bedeutenden Bogenweiten die Dicke β, welche man einem Pfahl geben kann, nicht hinreichend ist, den einseitigen Druck ohne Bruch auszuhalten. Man muß daher den Gedanken aufgeben, die Jochwände bey weiten Bogenbrücken als Widerlager betrachten zu wollen, gesetzt auch daß der Boden, in welchem die Pfähle eingetrieben sind, fest genug wäre, um die Jochwand in ihrer lothrechten Stellung zu erhalten, welches doch auch selten der Fall seyn wird. Hieraus folgt die Regel:

CXLIV.* Man fange mit dem Einspannen der Bögen nicht eher an, als bis man Widerlager und sämmtliche Jöcher aufgestellt hat, und lasse dann die Bögen soviel möglich gleichzeitig nach der ganzen Länge der Brücke einspannen, wenigstens so, daß die Anzahl der eingespannten Bögen über irgend einer Oeffnung die Anzahl der über irgend einer anderen schon eingespannten, nie um mehr als drey übertreffe. Auch mache man allemal mit den mittleren Rippen einer Oeffnung den Anfang, und fahre damit in symmetrischer Ordnung fort. Dasselbe symmetrische Verfahren beobachte man auch bey allen übrigen Theilen des Brückenkörpers längs der ganzen Brücke; vorzüglich auch bey dem Pflaster, welches über jeder Oeffnung vom Scheitel aus gegen die bey-

den Enden, von beyden Enden der Oeffnung gegen den Scheitel und aus der Mitte zwischen Scheitel und Ende zu gleicher Zeit angefangen werden muß.

Ueberhaupt ist es rathsam, für Bogenbrücken von mehr als 200′ Weite schon doppelte, von mehr als 300′ Weite dreyfache Jochwände u. s. f. zu gebrauchen. Die außerordentliche Größe der schiebenden Kraft ist durch das Verschieben der Stützschwellen auf den Widerlagern der Bamberger 220′ langen Bogenbrücke hinlänglich erwiesen, da hier blos zur Ueberwindung der mit dem Verschieben verbundenen Reibung eine Schubkraft von mehr als dritthalb tausend Zentnern erfordert wurde. Dabey widerstanden nun noch die vorgerammten Pfähle, und die Stützklötze mußten auf der schiefen Fläche der Widerlager aufwärts geschoben werden. Die Schubkraft betrug also gewiß mehr als 4000 Zentner. *) Zum Schutz gegen Eisgänge dient am vor-

*) Dieses sollten doch diejenigen bedenken, welche auf geradewohl flache eiserne Bogenbrücken von 3 — 4 — 500′ Weite anlegen oder denen, welche solche Anlagen für sehr mißlich erklären, noch Zurechtweisungen ertheilen wollen. Oder haben solche Brücken etwa viel größere Steifigkeit als die Hölzernen? Sie sollten bedenken, daß es dabey eigentlich nicht auf den Widerstand ankomme, welchen die Bögen in ihrer Krümmung zu leisten vermögen, sondern auf den Widerstand der Stützpunkte. Der erst in diesem Sommer (1815) geschehene Unfall bey der neu erbauten eisernen Brücke bey Wien kann hier gleichfalls zur Belehrung dienen.

dersten Jochpfahl eine Dachähnliche Bedeckung von starkem Eisenblech, die ihre Schärfe dem Strohm zukehrt, auch außerdem starke elastische Stäbe von Eisen, wie abcd und xy Fig. 97.

§. 180.

In Bezug auf die Widerlager können folgende Bemerkungen genügen.

Bey diesen ist allemal einseitiger Druck zu berücksichtigen. Der lothrechte Druck verdient hierbey keine besondere Aufmerksamkeit, wenn in Bezug auf den von der Schubkraft herrührenden wagrechten Seitendruck hinlänglich gesorgt wird, weil durch die hierzu erforderliche Verbauung alle vom lothrechten Druck zu befürchtende nachtheilige Folgen aufs vollkommenste beseitiget werden.

Zur hinlänglichen Verwahrung gegen lothrechten Druck und Schub kann uns Fig. 96. zur Erläuterung dienen. Dabey ist folgende Abänderung sehr nützlich:

Die Oberfläche des Pfeilers wird von p nach q nicht horizontal gelegt, sondern erhält nach dieser Richtung eine Abdachung. Diese schiefe Fläche belege man mit einem starken eichenen Rost, dessen Felder ausgemauert werden. Auf diesen setze man für jede anstoßende Rippe und ihre auftiegende Schenkel einen Pfosten wie $\alpha\beta$, und stoße nun auf der Rostfläche die Stützschwellen po an, die in die Querschwelle q eingreifen.

ab sind Langpfähle wie die Jochpfähle, die auch eine Art von Jochwand bilden, nur daß sie blos

durch das Kronholz ℌ unter einander verbunden werden. Auch macht man diese Jochwand um 4—6—8—10 Fuße breiter oder länger als die Breite der Brücke, nach Beschaffenheit des Ufers.

c c c sind Grundpfähle, die im Lichten 2′ weit von einander abstehen können.

Die Pfahlreihen, welche der Reihe c c c parallel stehen, können gleichfalls 2′ weit im Lichten von einander abstehen. Sie reichen bis zum niedrigsten Wasserspiegel, oder doch nicht viel höher.

f, f, f bilden eben solche Pfahlreihen wie c, c, c; nur tiefer im Ufer.

g e, d e sind Rahmhölzer, äussere Umfassungshölzer eines Rostes, womit diese Pfahlreihen belegt werden. Diese Röste werden, nachdem man die Zwischenräume zwischen den Pfählen und die Rostfelder mit Steinen und Mörtel ausgefüllt hat, mit 4 Zoll dicken eichenen Dihlen beschlagen, und über diesen die Pfeiler aufgeführt, die nur ringsum mit grossen Quatern aufgebaut, und innerhalb solchen mit Steinen und Mörtel ausgefüllt werden.

Der hintere Theil des Pfeilers K wird eben so behandelt, und dann noch durch eine an der hinteren Wandfläche vorgerammte Pfahlreihe, zu welcher der Pfahl r s gehört, gegen die Verschiebung des Gemäuers und besonders der Schwellen v, welche den Rippen gerade gegenüber liegen, aufs Neue geschützt.

Daben nehme man

CXLV. Die ganze Länge d g $= 12' + \frac{w'}{50}$

und dabey e g = 0,4 . e d

Zur Linken von r s und oberhalb K wird alles mit Gestein und Erde bis nahe an die Oberfläche vom Ende der Brücke ausgefüllt und zu oberst mit einem Pflaster bedeckt, das sich an die Brückenstraße anschließt.

Die Schwelle q liegt etwa 1′ hoch mit ihrer Grundfläche über dem höchsten Wasser.

VI. Das Setzen der hölzernen Bogenbrücken.

§. 181.

Da der Brückenkörper aus einer Menge einzelner Hölzer zusammengesetzt ist, die sich durch ihre Pressungen mehr zusammendrängen, auch selbst die Fibern der einzelnen Hölzer durch die Grösse des Drucks, sobald die Bögen ohne Zwischenstützen blos mit ihren Enden aufsitzen, beträchtlich zusammengestaucht werden, überdas auch die Hölzer in dem zusammengesetzten Brückenkörper durch vollkommnere Austrocknung noch etwas einschwinden, so ist es nicht möglich, daß eine neu aufgeschlagene Brücke in der Folge ihre erste Form oder ursprüngliche Wölbung beibehalten könnte. Sie muß nothwendig niedergedruckt und hiermit ihre ursprüngliche Bogenhöhe um etwas vermindert werden d. h. jede neu erbaute Brücke *setzt* sich mehr oder weniger. Wenn auch die ursprüngliche Wölbung kreisförmig war, so läßt sich doch freilich nicht behaupten, daß die neue Krümmung nach dem Setzen auch wieder kreisförmig seyn müsse; vielmehr wird sie sich der elliptischen nähern.

Da aber hier immer nur von geringen Gestaltsänderungen die Rede ist, und die Bogenrippen allemal eine sehr bedeutende Balkenhöhe haben, so daß die untere Gewölblinie auch nach dem Setzen nie aus dem Raum tritt, welchen die Rippe ursprünglich einnahm, so können wir hier, wo wir ohnehin nur Näherungsformeln verlangen können, auch die neue Krümmung noch als kreisförmig betrachten, nur daß dem neuen Kreisbogen ein grösserer Halbmesser zugehört.

§. 182.

Es sey nun a b c (Fig. 93.) die ursprüngliche untere Wölbungslinie einer Rippe, und a m c ihre Krümmung nach dem Setzen, b n die ursprüngliche, m n die verdruckte Höhe; b n = H, b m = Δ; der zu a b c gehörige Halbmesser = r, der zu a m c gehörige = ρ, und die Bogenweite a c = w, so hat man

$$r = \frac{w^2 + 4H^2}{8H}; \quad \rho = \frac{w^2 + 4.(H-\Delta)^2}{8.(H-\Delta)}$$

Es ist aber hier nur von Fällen die Rede, wo H nur einen kleinen Theil von w ausmacht, so daß $w^2 + 4H^2$ nie merklich von $w^2 + 4.(H-\Delta)^2$ verschieden seyn kann; es ist daher hier noch genau genug

$$\rho = \frac{w^2 + 4H^2}{8.(H-\Delta)}$$

Demnach

$$\rho : r = 8H : 8(H-\Delta)$$

und

CXLVI. $\rho = \frac{H}{H - \Delta} \cdot r$

§. 183.

Wiebeking hält es nach den bey seinen Anlagen gemachten Beobachtungen (Beitr. zur Brückenbauk. S. 82.) für hinlänglich, $\Delta'' = \frac{\lambda''}{144}$ zu setzen.

Hiernach wäre also

$$\rho' = \frac{H'' \cdot r'}{H'' - \frac{\lambda''}{144}} = \frac{144 \cdot H'}{H' - \frac{\lambda'}{144}} \cdot r'$$

Bezeichnen wir m n mit H, b n mit $\mathfrak{H}$, so wird $= \mathfrak{H} - \Delta$ oder

$$H = \frac{144\,\mathfrak{H} - \Delta}{144}$$

Es ist aber der Natur der Sache nicht angemessen, schlechthin $\Delta'' = \frac{\lambda''}{144}$ zu setzen, je kleiner nämlich H in Vergleichung mit λ ist, einen desto grösseren aliquoten Theil muß offenbar Δ von λ ausmachen. Nun hat sich aber in der Erfahrung gezeigt, daß in Fällen, wo $\mathfrak{H} = \frac{1}{13}\lambda$ ist, $\Delta = \frac{\lambda}{144}$ angenommen werden kann. Wir setzen daher

$$\Delta = \frac{\lambda}{13\,\mathfrak{H}} \cdot \frac{\lambda}{144} = \frac{\lambda^2}{1872 \cdot \mathfrak{H}}$$

oder, indem wir zur Sicherheit diesen Werth noch um $\frac{1}{5}$ vergrössern,

CXLVII. $\Delta = \frac{\lambda^2}{1500 \cdot \mathfrak{H}}$

Demnach

CXLVIII. $H = \mathfrak{H} - \frac{\lambda^2}{1500 \cdot \mathfrak{H}}$

und

CXLIX. $\mathfrak{H} = \frac{1}{2} H + \sqrt{\left(\frac{1}{4} H^2 + \frac{\lambda^2}{1500}\right)}$

Soll alſo die bleibende d. h. die nach dem Setzen noch vorhandene Bogenhöhe $= H$ ſeyn, ſo muß man die urſprüngliche Bogenhöhe $= \frac{1}{2} + \sqrt{\left(\frac{1}{4} H^2 + \frac{\lambda^2}{1500}\right)}$ machen. Iſt z. B. $\lambda = 121'$, $H = 11'$, ſo müßte die anfängliche Bogenhöhe $\mathfrak{H} = 5{,}5 + \sqrt{\left(\frac{121}{4} + \frac{146{,}41}{15}\right)} = 11{,}8'$ ſeyn; bey ſonſt guter Verzimmerung.

Zehentes Kapitel.

Von den Funkſchen Bohlenbogenbrücken.

§. 183. *

Der Bau der Waſſerräder, deren Kränze aus Bohlenbögen (Felchen) zuſammengeſetzt werden; erinnert ſogleich an die Möglichkeit ſehr feſter weit geſpannter Bohlenbögen. Herr Strohmbaudirektor Funk benutzte dieſe Bohlenbogenkonſtruktion, wie ſie De l'Orme bey Bedeckungen von Gebäuden benutzte, bey der in den Jahren 1799 und 1800 bey Minden über die Weſer erbauten Brücke, welche die Buntebrücke genannt wird, ſtatt der Wiebekingſchen Balkenbögen. (S deſſen Abhandl. über

den Gebrauch der Bohlenbögen bey Brücken.) Die gedachte Brücke iſt 306 rhl. Fuß lang, 24′ breit, hat auſſer den zwey Widerlagern noch 5 Pfeiler, welche alſo 6 Oeffnungen bilden, und jede dieſer Oeffnungen iſt 45′ weit. Die Bogenhöhe über der 45′ langen Sehne beträgt 5′; hieraus ergiebt ſich der zugehörige Halbmeſſer = 53,125 Fuß; der zum Bogen gehörige Zentriwinkel beträgt 51° 16′. Der Höhenwinkel (welchen nämlich die Sehne mit der von ihrem Ende nach dem Scheitel gezogenen geraden Linie macht) beträgt allemal $\frac{1}{4}$ des Zentriwinkels, alſo hier 12° 49′. Dieſen hier zur Richtſchnur dienenden Winkel bezeichnen wir in der Folge allemal mit φ.

Wie bey ſoliden Radkränzen, ſo werden auch bey dieſen Bögen allemal zwey Bohlen neben einander geſtellt, ſo daß jedesmal die Stoßfugen auf bekannte Weiſe wechſeln.

Die einzelnen Bohlen, ſind bey den Bögen dieſer Brücke 8 bis 9 Fuß lang, 18″ hoch und 7 $\frac{1}{2}$ Zoll dick, ſo daß ſie, wegen der doppelten Lage einen 15″ dicken Bogen bilden. Zur Befeſtigung der beiden einander deckenden Bohlen ſind bey dieſen Bögen auf jede Bohlenlänge etwa 10 eiſerne Schrauben verwendet worden.

Die Verſpannung gewinnt ſehr, wenn man in der Mitte zwiſchen den Stoßfugen überall Keile durchtreibt, etwa zu 4″ dick und 9″ breit, nach der ganzen Höhe der Bohlen, welche hier 18 Zolle beträgt. Dieſe Keile werden von oben herab mitten durch die

Holzdicke durchgetrieben, so daß da, wo sie durchgetrieben werden, jede Bohle in der Dicke um 2″ geschwächt werden muß.

In allen Stoßfugen hat Funk Bleiplatten eingelegt, damit sich die Bohlen an ihren Enden nicht in einander drücken. Diese Kosten können aber erspart werden, da eine solche Vorsicht nicht einmal bey den förlenen und fichtenen Balken in ihren Stoßfugen bey den ungeheuren Pressungen der Wiebekingschen Bogenbrücken nöthig befunden worden ist.

§. 184.

Ein paar dergleichen Bögen dienen jedesmal zwischen zwey Pfeilern zum Tragen der Fahrstraße, jedoch nicht als Unterlager, sondern um die Unterlager gleichsam daran fest zu hängen, so daß die Bögen nicht unter sondern über der Fahrstraße gleichsam als hohe Geländer da stehen.

Das Brückengebälke liegt unter den Bögen bey dieser Brücke jedesmal zwischen ein paar Pfeilern auf 7 Durchzügen (Unterzügen, Trägern) zu 18″ hoch und 15″ dick, gleichfalls von Eichenholz.

Diese Durchzüge werden von den beiden darüber gesprengten Bögen mittelst 14 starker Hängeeisen, deren 7 von jedem Bogen lothrecht herabhängen, getragen.

Auf diesen Durchzügen liegen, mittelst Einschnitte, die Brückenbalken (Straßenbäume), jedesmal neun neben einander. Diese sind von Tannenholz

genommen. Dieses Gebälke ist mit 2 Bohlenlagen von Eichenholz bedeckt; die untere ist 24 Fuß breit, die obere 15 Fuß; erstere besteht aus 6zölligen, letztere aus 3zölligen Dihlen. Diese Brücke hat kein Pflaster.

§. 185.

Das Gewicht des sämmtlichen Holzwerks zwischen zwey Pfeilern, mit Inbegriff der Bohlenbögen, Geländer und Eisenwerk, beträgt beinahe 76000 Berl. Pfund; die zufällige Last, welche die Brücke schon oft getragen hat, beträgt nach Funks Versicherung wenigstens 36000 Pf. *), welches eine Last von 1120000 Pf. oder 1120 Zentner ausmacht, wofür aber Funk nur 1000 Zentner zur größten Sicherheit annimmt, nämlich 240 Zentner als immer fortwirkende zufällige Last (von Pferden, Wägen, Menschen ꝛc.)

Da die Brücke zu der Zeit, da Funk seine Abhandlung über die Bohlenbrücken herausgab, also nach 12jährigem Gebrauche noch nicht die geringste Aenderung erlitten hatte, so schließt er hieraus:

Zwey Bohlenbögen, die eine 45′ weite Oeffnung überspannen, so daß sie 5′ hohe Bögen bilden, die also mit einem Halbmesser von 53 $\frac{1}{2}$ Fuß rhl. beschrieben sind, können, wenn sie 15″ dick und 18″ hoch sind, mit der größten Sicher-

*) Diese Angabe scheint etwas stark, da schon eine 6spännige Fuhr einen ganzen Bogen der Länge nach einnimmt.

heit (mit Inbegriff ihres eigenen Gewichts) 100000 Berl. Pfund tragen.

§. 186.

Wenn P die Last, mit Inbegriff des halben Bogengewichts, bezeichnet, welche ein einzelner Bogen in seinem Scheitel zu tragen vermag, so wollen wir mit Vorbehalt einer am Ende etwa erforderlichen Korrektion, anfänglich mit Funk

$$\text{CL.} \quad P = 1{,}5\, \mathfrak{E} \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} \cdot \text{Sin}\, \varphi$$

setzen, wo φ der Erhöhungswinkel ist, und $\mathfrak{E}$ eine von den Zahlen bezeichnet, welche als Werthe von $2\,\mathfrak{k}\,\mathfrak{k}$ oben (§. 12.) angegeben worden sind. Um aber auf die verschiedenen Perioden der Dauer mit Rücksicht zu nehmen, schreiben wir 16 . E statt $\mathfrak{E}$, wo wir E gleichfalls aus §. 12. nehmen. Dieses giebt

$$\text{CLI.} \quad P = 24 \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} \cdot \text{Sin}\, \varphi$$

Dabey muß aber bedungen werden, daß φ nicht unter $\frac{1}{4}$ oder noch besser nicht unter 2° betrage. Diese Bedingung giebt zu erkennen, daß die vorstehende Formel der Natur der Sache nicht angemessen sey, weil sie, für $\varphi = 0$,

$$\text{CLI.*} \quad P = 1{,}5\, E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} \text{ *)}$$

geben müßte (§. 13.)

Weil

*) Der aus 2 der Dicke nach zusammengesetzte gerade Balken müßte an einer Stelle brechen, wo sich eine Stoßfuge befindet;

Weil nun für die Buntebrücke Sin $\varphi = 0{,}222$ ist, so setzen wir

$$P = \left(1{,}5 \cdot E + \left(24 \cdot E - \frac{1{,}5 \cdot E}{0{,}222}\right) \cdot \text{Sin}\,\varphi\right) \cdot \frac{\delta(\beta'')}{\lambda}$$

welches für die Buntebrücke die Gleichung CLI. giebt. Für $\varphi = 0$ paßt sie gehörig auf die geraden Balken, dieses giebt also die dem Gange der Natur angemessenere Gleichung

CLII. $$P = (1{,}5 + 17{,}25 \cdot \text{Sin}\,\varphi) \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda}$$

in Berl. Pf. so daß das halbe Bogengewicht mit unter der Last P begriffen ist.

Bezeichnen wir die besondere zufällige Last, welche im Scheitel mit größter Sicherheit aufgelegt werden kann, mit π, so wird für einen solchen Bogen, sein Gewicht $= B$ gesetzt,

$$\pi = (1{,}5 + 17{,}25 \cdot \text{Sin}\,\varphi) \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} - \tfrac{1}{2} B$$

und für N solche Bögen

$$\pi = N \cdot \left((1{,}5 + 17{,}25 \cdot \text{Sin}\,\varphi) \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} - \tfrac{1}{2} B\right)$$

Wäre noch eine zum Gebäude selbst gehörige Last $= Z$ gleichmäßig über die ganze Bogenöffnung vertheilt, so hätte man

---

wir vermindern daher den Widerstand des einen Balkens um die Hälfte, also den des doppelten um $\frac{1}{4}$, so daß noch $\frac{1}{4} \cdot 2E$ oder $1{,}5 \cdot E$ statt $2E$ bleibt.

$$\pi = N \cdot \left((1{,}5 + 17{,}25 \cdot \operatorname{Sin}\varphi) \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} - \tfrac{1}{2} B \right) - \tfrac{1}{2} Z$$

Und käme noch eine gleichförmig vertheilte zufällige Laſt $= 21 \cdot F$ (nach CXXXV.) hinzu, ſo hätte man

$$\pi = N \cdot \left((1{,}5 + 17{,}25 \cdot \operatorname{Sin}\varphi) \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} - \tfrac{1}{2} B \right) - \tfrac{1}{2} (21 \cdot F + Z)$$

Und werden in jeder Rippe n dergleichen Bögen über einander angebracht, ſo erhält man

$$\pi = N \left(\frac{n+1}{2} \right)^2 \cdot \left((1{,}5 + 17{,}25 \cdot \operatorname{Sin}\varphi) \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} \right) - \tfrac{1}{2} N\, n B - \tfrac{1}{2} (21 \cdot F + Z)$$

Da aber wegen der angenommenen zufälligen Laſt $21 \cdot F$ der Werth von $\pi = 0$ ſeyn darf, ſo erhält man

CLIII. $$N \left(\frac{n+1}{2} \right)^2 \cdot \left((1{,}5 + 17{,}25 \cdot \operatorname{Sin}\varphi) \cdot E \cdot \frac{\delta(\beta'')^2}{\lambda} \right) - \tfrac{1}{2} N\, n B = 10{,}5\, F + 0{,}5 \cdot Z$$

Ob ſich übrigens dieſe Formel gebrauchen laſſen werde, wird ſich in der Folge ergeben, (ſ. §. 189.)

§. 187.

Bey den Funkſchen hängenden Brücken iſt zwar allemal nur $N = 2$. Wenn man indeſſen die Brücke nicht unter 24′ breit macht, ſo könnte auch über ihre Mitte hin ein dritter Bogen geſpannt werden, wodurch die Breite ohne Nachtheil für den Gebrauch in

zwey Fahrstraßen abgetheilt würde. Wir haben aber die Formel CLIII. darum in solcher Allgemeinheit mitgetheilt, weil man sehr natürlich auf den Gedanken kommen kann, ob sich solche Bohlenbögen nicht ganz so wie die Wiebekingschen Balkenbögen gebrauchen ließen? *)

Funks Widersacher haben diese Funksche Konstruktion von Brückenbögen keiner Aufmerksamkeit werth geachtet, weil die 45′ weite Bögen der Buntenbrücke nichts für ihre Brauchbarkeit im Großen beweisen. Hat man wohl jemals urtheilen gehört, daß Röhrenleitungen zur Beyführung erforderlicher Brunnenwasser überhaupt untauglich seyen, weil 1 zöllige Röhren zu wenig Wasser geben?

Funks Gedanke, die Bohlenbögen beym Brückenbau in Anwendung zu bringen, ist in der That zu wichtig, als daß die Sache ohne weiteres nur durch einen entscheidenden Ton mit ein paar leeren Worten abgemacht wäre. Der Gedanke verdient, bey einigen gleich ins Auge springenden Vorzügen vor den

*) Funk ist öffentlich getadelt worden, daß er bey 45′ weiten Oeffnungen zu solchen Bögen seine Zuflucht nahm, da man anderwärts bey gemeinen Jochbrücken seinen Zweck schon durch gerade Balken zu erreichen gewußt habe. In der That sollte man einen Mann, wie Funk, nicht erst hiervon belehren wollen. Aber wo hat man Brücken von Eichenholz gebaut? Die haben dabey sehr übel kalkulirt, welche die Wiebekingschen Brücken von Förlen oder Fichten geradezu für weit wohlfeiler halten. Kommt die Länge der Dauer dabey in keinen Anschlag.

Wiebekingschen Balkenbögen, eine sorgfältige Ueberlegung und genaue Prüfung, bevor man darüber absprechen will.

Die Bohlenbögen haben vor den Balkenbögen den unverkennbaren Vorzug, daß sie Bögen von Eichenholz geben, welche dreymal so lang dauern als die von Nadelholz, und nach einer gewissen Reihe von Jahren die dreyfache Stärke haben. Dieser einzige Vorzug spricht zu sehr für sie, als daß es nicht der Mühe werth seyn sollte, sie aller Aufmerksamkeit zu empfehlen.

Dabey hat man noch den Vortheil, daß es leichter ist, kurze 8—9 Fuß lange eichene Bohlen zu 18—20″ hoch und 7—8 Zoll dick zu erhalten, als 40—50′ lange förlene oder fichtene Balken zu 14—16″ hoch und 12—14″ dick. Auch lassen sich leichter schadhafte Stücke ausschießen.

Die Bohlenbögen haben ferner den Vorzug, daß man solcher Anstalten zu ihrer Krümmung nicht bedarf, wie zu den Balkenbögen. Ihrem natürlichen Wuchs darf man nicht schon vorher Gewalt anthun, weil sich solche Bohlen sehr leicht aus Stämmen schneiden lassen, die nur sehr wenige oder auch gar keine natürliche Krümmung haben. Jede Bohle bildet dann im Zustande der Freyheit, d. h. ohne eingespannt zu seyn, ein Bogenstück, das seine Krümmung vom Werkplatze zum Aufschlagen der Brücke mit sich nimmt, und nicht, wie die Bogenbalken, beym Aufschlagen wieder neuer Anstalten zum Krümmen bedarf.

Ein neuer wesentlicher Vorzug der Bohlenbögen besteht darin, daß dabey das Streben der einzelnen Stücke, an ihren Enden sich wieder gerade auszudehnen und der hiermit unvermeidlich verbundene Erfolg von abwechselnder stärkerer und flacherer Krümmung eines ganzen Brückenbogens ganz beseitiget wird. Man kann durch sie nicht nur vollkommene Bogenstücke erhalten, welche die Wiebekingschen Bogenbalken nie geben, sondern auch ebenso leicht durch sie Korbbögen konstruiren.

Es ist ferner im vor. Kap. gezeigt worden, daß es bey den Wiebekingschen Bogenbalken eine gewisse Gränze der Beugung giebt, über welche hinaus die Bogenbalken sogar eine geringere Tragkraft geben, als die geraden horizontalen Balken, und daß deßhalb Vorsicht nöthig sey. Diese Rücksicht fällt bey den Bohlenbögen ganz weg.

Endlich ist noch der Umstand für die Bohlenbögen sehr vortheilhaft, daß sie für sich steife Massen sind, die ohne eingezwängt zu seyn in ihrer Krümmung beharren, da hingegen die Bohlenbalken nur eingezwängt in ihrer Krümmung bestehen, und deßhalb vermöge ihres Strebens zur ursprünglichen Form einen sehr bedeutenden Seitendruck auf die Jochwände oder Widerlager ausüben, welcher bey den Bohlenbögen wegfällt.

Gegen alle diese Vorzüge haben die Wiebekingschen Bogen nur den einzigen, daß schon 2 — 3 Balkenlängen zu ziemlich bedeutenden Bogenweiten hinreichen, also der Zusammenhang in weit weniger

Stellen unterbrochen wird, als bey den Bohlenbögen.

Da aber diese Unterbrechung nur die Folge haben kann, daß an denjenigen Stellen, wo sich Stoßfugen befinden, der Widerstand gegen die Ausbeugung um den 4ten Theil des ganzen vermindert wird, so kann dieser Vorzug hier beinahe gar nicht in Betrachtung kommen, da selbst nach dieser Verminderung der Widerstand eines Bohlenbogens an solchen Stellen doch noch mehr als doppelt so groß als der Widerstand eines Wiebekingschen Balkenbogens ist, und alle übrige Vorzüge der Bohlenbögen rein übrig bleiben.

§. 188.

Wir können also die Bohlenbögen ganz auf dieselbe Weise wie die Bogenbalken zu Bogenbrücken gebrauchen, und ganz dieselbe Verbauung dabey anbringen, wie wir oben bey den Bogenbalken angegeben haben.

Schreiben wir nun $\lambda' \beta' \delta' p$ (wo p das Gewicht von 1 Kub. F. Eichenholz bezeichnet) statt B, so verwandelt sich die Formel CLIII. in folgende:

$$N \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right)^3 \cdot (1{,}5 + 17{,}25 \cdot \text{Sin. } \varphi) \cdot$$

$$E \cdot \frac{(\beta'')^3}{\lambda'} \cdot \delta'' - \tfrac{1}{5} N n \lambda' \beta' \delta' p$$

$$= \tfrac{1}{5} (21 F + Z)$$

oder

$$N \,.\, [(n + 1)^2 \,.\, (1{,}5 + 17{,}25 \,.\, \text{Sin.}\, \varphi) \,.$$
$$E \,.\, \frac{(\beta'')^2}{\lambda'} - 2\, n\, \lambda'\, \beta'\, p] \,.\, \delta'$$
$$= 2 \,.\, (21\, F + Z)$$

Statt Sin. φ können wir aber ohne Bedenken $\frac{H}{\frac{1}{3}\lambda}$ oder $\frac{2H}{\lambda}$ setzen; dieses giebt, für nackte Bögen

$$N \,.\, [(n + 1)^2 \,.\, \frac{1{,}5 \,.\, \lambda' + 34{,}5 \,.\, H}{(\lambda')^2} \,.$$
$$(\beta'')^2 \,.\, E - 2\, n\, \lambda'\, \beta'\, p]\, \delta'$$
$$= 2 \,.\, (21\, F + Z)$$

also, wenn wir wegen der Verbauung dreifache Festigkeit gelten lassen,

CLIV. $$\delta' = \frac{21\, F + Z}{3N \,.\, [(n+1)^2 \,.\, \frac{0{,}75 \,.\, \lambda' + 17{,}25 \,.\, H}{(\lambda')^2} \,.\, (\beta'')^2 \,.\, E - n\lambda'\beta' p]}$$

Diese Formel giebt noch richtig die CLI.*, welche einem geraden Balken zugehört, wenn wir $N = n = 1$ und $H = 0$ setzen. Dann giebt sie nämlich, indem wir zugleich B statt $n\, \lambda'\, \beta'\, \delta'\, p$ schreiben, und für den nackten Balken N statt 3 N setzen,

$$\frac{1{,}5 \,.\, (\beta'')^2\, \delta'}{\lambda'} \,.\, E = \frac{1}{3}\, (B + 21\, F + Z)$$

wo die Grösse zur Rechten statt P (CLI.*) steht. Doch beweist dieses noch nicht ihre Richtigkeit.

Sollte die gefundene Formel ihre Anwendbarkeit haben, so müßte sie in der Anwendung auf die Augsburger Brücke, wo $\delta'' = 14$ hinlänglich ist, wenn H wirklich $= 11'$ ist, beiläufig $\delta' = 0{,}5$ oder δ'' beiläufig $= 6$ oder etwas mehr geben. Ihre Abweichung von der Formel CXXXVII. kann noch nicht gegen sie entscheiden, weil mehrere Abweichungen dabey vorkommen, die sich bey wirklicher Berechnung einander aufheben könnten.

§. 189.

Zur näheren Prüfung wollen wir daher zuerst eine Anwendung auf die Augsburger Brücke machen.

Bey dieser ist $N = n = 3$; $\lambda = 121$; $w = 118$; $\beta'' = 14$; $E = 2000$ (für die längste Periode bey Sommereichen §. 12.), $F = 26 \cdot 118 = 3068$; $Z = 384000$ (§. 170.), H' setzen wir $= 11$ und $p = 53$ Pf.

Dieses giebt

$$\delta' = \frac{448428}{9 \cdot \left(4^{\circ} \cdot \frac{90{,}75 + 189{,}75}{14641} \cdot 196 \cdot 2000 - 3 \cdot 121 \cdot \frac{7}{8} \cdot 53\right)}$$

$$= \frac{448428}{9 \cdot (120162 - 22445)} = \frac{448428}{879453} = 0{,}51 \text{ Fuß}$$

$$= 6{,}12''.$$

Wir könnten also hiernach die Formel CLIV. für die Ausübung gelten lassen. Machen wir aber eine Anwendung auf die Bamberger Brücke (§. 169.), so giebt uns CLIV.

$$\delta' = \frac{1126000}{12 \,.\, \left(25 \,.\, \frac{0{,}75 \,.\, 220 + 17{,}25 \,.\, 20}{220^2} \,.\, 196 \,.\, 2000 - 4 \,.\, 220 \,.\, \frac{1}{6} \,.\, 53\right)}$$

$$= \frac{1126000}{12 \,.\, (103096 - 54413)} = \frac{1126000}{584196}$$

$$= 1{,}93 \text{ Fuß} = 22{,}16 \text{ Zoll.}$$

Da aber schon 21 Zoll dicke förlene Bogenbalken vollkommen hinlänglich sind (§. 171.), so ist diese Bestimmung augenscheinlich unrichtig.

Es müßte auch die Formel CLIV. eben so gut auf förlene Bogenbalken anwendbar seyn, sobald wir darin $\frac{1}{3}$ E statt E schreiben (weil 1,5 . E statt 2 E gesetzt worden ist), und p = 40 nehmen. Dann finden wir aber

$$\delta' = \frac{1126000}{12 \,.\, (49417 - 41066)} = 11{,}26 \text{ Fuß}$$

woraus die Unanwendbarkeit der Formel CLIV. aufs Neue erhellet.

Wir müssen daher auch in Bezug auf die Bohlenbögen nach CXXXVII. rechnen, nur daß wir $\frac{1}{3} \,.\, 2{,}5\ \mu$ statt $2{,}5 \,.\, \mu$ setzen müssen; dieses giebt

CLV. $$\delta'' = \frac{3{,}34 \,.\, \mu \,.\, (Z + 21 \,.\, F)}{N \,.\, \left((n+1)^3 \,.\, (\beta'')^3 \,.\, \Sigma - \frac{1}{6} \mu \,.\, \lambda' \beta' p\right)}$$

Eilftes Kapitel.

Die Großischen Hängebrücken.

§. 190.

Der im Sept. 1808 verstorbene Straßenbaudirektor Johann Groß, welcher diesen Geschäften 32 Jahre lang in Galizien mit Ruhm vorgestanden hatte, gehört unstreitig, besonders in Hinsicht auf hölzerne Brücken, zu den ersten Brückenbaumeistern in Europa. Von den vielen von ihm erbauten Brücken verdienen in Rücksicht auf große Oeffnungsweiten vorzüglich die folgenden genannt zu werden.

1) Die im Jahr 1782 bey Tarnow über den Bialafluß erbaute hölzerne Brücke mit einer Oeffnungsweite von 183 rhl. Fuß; ihre Erbauung kostete nur 8400 Gulden (10080 fl. rhl.).
2) Die im J. 1802 im Arvenser Komitate erbaute Brücke mit einer Oeffnungsweite von 244 Fuß rhl. Sie kostete 13000 (15600 fl. rhl.).
3) Die in den Jahren 1807 und 1808 im Thurotzer Komitate erbaute Brücke, mit einer Oeffnungsweite von 330 rhl. Fuß; sie kostete 30000 Gulden (36000 rhl.).

S. Galiziens Straßen- und Brückenbau von Joseph Jekel. Wien und Triest 1809. Die Kosten habe ich nach Jekels Angaben hergesetzt. Es ist aber zu vermuthen, daß das Holz in jenen Gegenden um geringen Preiß erkauft worden, auch die Fuhrlöhne viel

geringer waren als in bevölkerten Gegenden Teutschlands.

§. 191.

Der Bau der Großischen gesprengten Brücken verdient in Bezug auf den Umstand, welcher die Ueberspannung einer 330′ weiten Oeffnung möglich machte, unsere besondere Aufmerksamkeit, da eine solche Ueberspannung weder früher noch später irgendwo von einem Baumeister unternommen worden ist. Ich habe es daher auch der Mühe werth und für einen wichtigen Gewinn dieser Anleitung gehalten, darin die zu dieser bewunderungswerthen Brücke gehörigen Zeichnungen aufzunehmen, welche uns Jekel in der genannten Schrift mitgetheilt hat. S. Tab. XIV. die 6 oberen Zeichnungen.

§. 192.

Das Eigenthümliche dieser Konstruktion liegt in der Lage der Hängesäulen, welche alle nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte gerichtet sind, aus welchem man die mit Punkten bemerkten Kreisbögen beschrieben hat. Die untere Oeffnungsweite zwischen den beyden Pfeilern ist zum Halbmesser dieser Bögen genommen worden, daher ihr Erhebungswinkel von den Widerlagern bis zum Scheitel ziemlich groß ist. Ich finde die gedachte untere Oeffnungsweite in der Zeichnung = 316′ (Wiener Fuße).

Bezeichnet man nun die Höhe des Scheitels vom unteren Bogen über der Stelle, in der er den Pfeiler schneidet, mit H, so hat man

$$H : 158 = 158 : (632 - H).$$

Hieraus findet man

$$H = 42{,}3' \text{ (Wiener)}.$$

Nach der Zeichnung von Jekel aber, die ich beybehalten habe, ist $H = 49{,}5'$, also die Bögen nicht richtig gezeichnet. Bezeichnen wir den Erhöhungswinkel, nach richtiger Zeichnung, mit α, so hat man tang. $\alpha = \frac{42{,}3}{158} = 0{,}26772$; also $\alpha = 15''$. Die Bogenhöhe beträgt noch etwas über $\frac{1}{8}$ der Bogenweite, welches bey keiner der Wiebekingschen Bogenbrücken der Fall ist.

§. 193.

Aber nach der Zeichnung ist die Höhe der Brükkenstraße über dem höchsten Wasser, ohne die Höhe der 6″ hohen Beschüttung, eben so groß als H, nämlich gleichfalls $= 42{,}3'$, daher sehr hohe Ufern vorausgesetzt werden. Indessen ist es auch nicht nöthig, den ganzen Bau in seiner tiefsten Stelle, wie hier wegen der hohen Ufer geschehen ist, 7′ hoch über dem höchsten Wasser anzufangen; auch wäre $H = 39{,}3'$ vollkommen hinreichend gewesen. Die Brückenstraße hätte daher im Falle niedrigerer Ufer gar wohl um 7—8 Fuße niedriger gelegt werden können.

§. 194.

Uebrigens fällt die ausserordentliche Festigkeit, welche die Lage der nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunkt strebenden Hängesäulen gewährt, sogleich ins Auge. Zwar ist mir sehr wohl bekannt, daß man nicht nur bey den Lehrgerüsten steinerner Brücken, sowohl in Frankreich als in Teutschland, son-

dern auch bey Brücken selbst schon längst ähnliche Konstruktionen benutzt hat (s. auch den Versuch einer gründlichen Anleitung zum Bau hölzerner Brücken vom Graf von Maltzan Berl. 1805.). Aber eine so vollständige eben so mechanisch richtige als einfache Zusammensetzung in Anwendung auf eine so bedeutende Oeffnungsweite hat noch kein Schriftsteller vorgeschlagen, noch weniger ein Baumeister wirklich ausgeführt. Ihre wohlfeile Erbauung rührt mit davon her, daß ausser den oberen und unteren Tramen durchaus weder Hängeeisen noch Schrauben angebracht sind.

§. 195.

Um die Brückenstraße nur etwa 4 — 5 Fuße hoch über das höchste Wasser zu bringen, könnte man Funks Einrichtung in so fern benutzen, daß man geradezu auf die jetzigen unteren Tramen (Tab. XVIII.) das Dachgebälke legte und über solchem das Dach aufrichtete, die centrischen Hängesäulen aber, die nur 2 $\frac{1}{2}$ bis 3 Fuße hoch über gedachte Tramen hinaus gehen dürften, jetzt nach unten verlängerte, so daß sie über die jetzt nur 4 — 5 Fuß hoch über dem höchsten Wasser anzubringenden unteren Tramen hinabreichen. Unterhalb den unteren Tramen werden dann die Hängesäulen etwa zu 7″ breit und 15″ hoch durchlocht, und nach der ganzen Breite der Brücke Träger durchgeschoben, welche durch Windkreuze unter einander verbunden werden. Solche Windkreuze lassen sich auch zwischen den oberen Tramen anbringen. Auf die erwähnten Träger und

Windkreuze werden dann die Brückenruthen (Straßenbäume) aufgelegt.

§. 196.

Bey dieser letzteren Einrichtung, wo die ganze Brückenstraße eigentlich als hängend betrachtet werden muß, wie bey den Funkschen Brücken, müssen aber auf dem zu flach liegenden Ufer allemal starke hinlänglich hohe frey stehende Widerlager aufgeführt werden, die dem Schube des ganzen Sprengwerks hinlänglichen Widerstand zu leisten vermögen. Zur freyen Durchfahrt erhalten dann diese Widerlager hinlänglich breite und hohe überwölbte Durchfahrten, welche ausserhalb den Widerlagern auf die äussere Straße führen.

Zwölftes Kapitel.

Von eisernen Bogenbrücken.

§. 197.

Bey dem Brückenbau bleibt es immer ein höchstwichtiges Problem, die Anzahl von Pfeilern oder Jochwänden zwischen den beiden äusseren Widerlagern der Brücke möglichst zu vermindern, ohne wegen des Bestandes der Brücke etwas fürchten zu dürfen. Die Großische grosse Hängebrücke und die oben beschriebenen hölzernen Bogenbrücken leisten in dieser Hinsicht sehr viel, doch nicht alles was hier zu wünschen wäre. Sehr weite Spannungen nöthigen zu

bedeutenden Höhen solcher Brückengebäude, die das Lokal nicht allemal, und vielleicht in den wenigsten Fällen, gestattet. Hierzu kommt, daß man sich nicht mit dem Bestande so kostbarer Bauten auf 10 — 20 Jahre begnügen kann, sondern daß man mit Recht den sicheren Bestand solcher Werke für viele Generationen fordert, was hölzerne Brücken nicht leisten. Zwar können wir die Dauer einer solchen Brücke auf Jahrhunderte verbürgen, aber dann geht es ihnen, wie dem menschlichen Körper, dessen Masse im 50sten Jahre nichts mehr von jener Masse des 10ten Jahres enthält, nur daß der Brücke statt der veraltenden Theilchen nicht unvermerkt neue zuwachsen, sondern daß von Zeit zu Zeit ganze Massen weggenommen, und dafür neue eingeschoben werden müssen, was im Grunde so viel heißt, als von Zeit zu Zeit die Brücke neu aufbauen. Steinerne Brücken trifft zwar dieser Vorwurf nicht, oder doch in weit geringerem Maaße, aber sie erfordern bey gleicher Bogenweite ein noch viel stärkeres Aufsteigen als die hölzernen, und um so viel häufiger steht das Lokal ihrer Ausführbarkeit im Wege; auch verschlingen die Zinsen des zu ihrem Bau erforderlichen Kapitals jene Kosten, welche auf die hölzernen verwendet werden müssen, um ihre Existenz fortdauernd zu sichern. In Erwägung dieser Umstände mußte man nothwendig an die Möglichkeit eiserner Brücken denken, besonders in Bezug auf die Frage, ob nicht durch sie jene Nachtheile beseitigt werden könnten, welche der Erbauung sehr weit gesprengter hölzerner

und steinerner Brücken im Wege stehen? Die Engländer zeigten die Möglichkeit solcher Brücken im Grossen zuerst bey Coalbrook-Dale im J. 1779; sie besteht aus einem 95 Par. Fuß weiten Bogen, dessen Halbmesser = 48 $\frac{1}{3}$ Fuß ist, sie bildet also sehr nahe einen vollständigen Halbkreis. Vielleicht wollte man damals noch keinen flacheren Bogen wagen.

Eine zweite kühnere und schönere eiserne Brücke ist die von 1793 bis 1796 über den Wear bey Wearmouth erbaute, welche bey der geringen Bogenhöhe von 17′ eine Bogenweite von 221 $\frac{1}{3}$ Fuß hat. Das daran befindliche Eisen wird zu 5000 Zentner angegeben.

Eine dritte grosse eiserne Brücke in England wurde im J. 1803 bey Strains über die Themse gebaut, ihre Bogenweite beträgt 168 $\frac{3}{4}$ Fuß bey einer Bogenhöhe von 15′.

Nähere Beschreibungen mit Zeichnungen findet man in Wiebekings Beyträgen zur Brückenbaukunde, den Bau und die Construction der eisernen Brücken betreff. (München 1812.), wo man auch die Zeichnungen von einigen französischen Brücken findet, die aber später als die englischen erbaut worden sind.

In Teutschland hat man noch keine bedeutende Brücke der Art, wenn man nicht etwa die dafür will gelten lassen, welche der Graf Burghaus zu Laasan in Niederschlesien im J. 1794 erbaut hat; ihr Bogen ist 40′ weit. Eine Zeichnung von ihr

findet

findet man bey Wiebeking a. a. O. Ich kann mich hier auf solche Beschreibungen, die ohne beigefügte diese Schrift nur vertheuernde Zeichnungen doch unverständlich bleiben würden, um so weniger einlassen, weil alle solche Konstruktionen zu kostbar sind, als daß sie in Teutschland zur Nachahmung empfohlen werden könnten.

Um indessen eine Art von Brücken, die so vieles Aufsehen macht und bey wohlfeilerer Bauart doch in manchen Gegenden Teutschlandes ihre Anwendung finden könnte, nicht ganz zu übergehen, habe ich doch die beiden neuesten Konstruktionen der Art in Zeichnungen mitgetheilt (Tab. XVIII.).

§. 198.

Diese beiden Konstruktionen sind nur in der Art der Verbindung von einander verschieden; im Wesentlichsten stimmen beide überein, daß nämlich die einzelnen Bögen aus Röhren zusammengesetzt werden.

Auf diesen glücklichen Gedanken gerieth der durch seine Erfindungsgabe, treffliche Maschinenanlagen und unvergleichbare astronomische Werkzeuge durch ganz Europa berühmt gewordene eben so sehr als durch seine Geradheit, Anspruchlosigkeit und Wahrheitsliebe ausgezeichnete große Künstler, Ritter v. Reichenbach zu München, schon im J. 1792 bey gelegenheitlicher Besichtigung eines gegen 200′ hohen Dreifußes in der Cylinder- und Kanonengieserey zu Bergham in England, wobey man in Ermanglung so hoher Bäume eiserne Röh-

ren bis zu dieser Höhe auf einander geschroben hatte. Erst gegen Ende des J. 1809 hatte er seine Ideen in der schönen Schrift über die Theorie der Brückenbögen vollständig dargelegt; eben dieses Werk erschien aber, durch die Verzögerung des Kupferstechers, erst zu Anfange des Augusts 1811.

Ritter v. Wiebeking tritt nun in gedachten Beiträgen vom J. 1812 gleichfalls als Erfinder solcher Röhrenbögen auf. Er erzählt S. 12, daß er im Spätjahre 1810 dem R. v. Reichenbach das Modell der hölzernen Bogenbrücke von Vilshofen vorgezeigt und dabey bemerkt habe: „man müsse „eiserne Brücken von Röhren konstruiren, bey gros„sen Oeffnungen würde er wie bey dieser Vilshofer „Brücke Diagonalbögen anwenden, solche aber auch „aus Röhren zusammensetzen."

Zu dieser Stelle erhielt ich durch einen Freund des R. v. Reichenbach die nähere Erläuterung, daß das Vorzeigen des gedachten hölzernen Brückenmodells nicht im Spätjahre 1810 sondern erst im Frühjahre 1811 geschehen sey, wo die Kupfer zu Rs. Schrift schon vollendet gewesen seyen; übrigens habe W. das Vorzeigen nur mit den Worten begleitet: „Sehen Sie, so würde ich eiserne Brücken machen, „nur hier das Mittelstück, wo sich die Diagonalbö„gen kreuzen, müßte der Leichtigkeit wegen hohl „seyn."

Im J. 1811 ließ R. v. W. ein eisernes Brückenmodell verfertigen, das er in Beiseyn des R. v.

Reichenbach dem Grafen v. Montgelas vorzeigte; bey dieser Gelegenheit, sagt W. habe ihm R. von seiner Idee gesprochen, die Konstruktion selbst aber habe er erst im Sept. 1811 aus der Reichenbachschen Schrift kennen gelernt; doch, fügt er hinzu, wolle er hiermit nicht behaupten, daß dem R. v. R. die Idee, aus eisernen Röhren Brücken zu konstruiren später entstanden sey, als ihm. Dieses ist der eigentliche Status kontroversiä zwischen den beiden Rittern.

§. 199.

Reichenbachs Brücke ist Tab. XVIII. in den beiden oberen Zeichnungen abgebildet; die obere zeigt sie im Längendurchschnitt; die untere im Grundrisse. Die Höhe der unteren Bogenaxe über ihrer Sehne beträgt 30,44 (bairische) Fuß, die Sehne 306′ und die Bogenlänge 313,95. Der zugehörige Halbmesser ist 399,8 Fuß. Ich habe es für unnöthig gehalten, den hiernach von einem meiner Herrn Zuhörer, Herrn F. Meyer aus Zürich, einem viel versprechenden jungen Manne verfertigten Zeichnungen noch einen besonderen Maaßstab beizufügen. *)

*) Ich hatte bey Niederschreibung dieses Aufsatzes immer die Reichenbachische Schrift, und darin die 306′ weite Bogenbrücke vor Augen. Nachher wurde aus Versehen die 310′ lange gleichfalls 30′ breite Brücke des Verf. die in ihrer Mitte einen Pfeiler hat, abgezeichnet. Inzwischen ist die Konstruktion dieselbe. Nur muß man bemerken, daß ich im Text eigentlich von dem 306′ weiten Bogen rede.

Aus den Zeichnungen ersieht man, daß nur jede zweite Röhre mit einer Querröhre (Querspros-se) verbunden ist. Reichenbach bemerkt, daß in grossen Eisenschmelzen dergleichen Röhren auf eine Länge von 9 — 10 und mehr Fußen gegossen werden können, daß man aber auch bey minder bedeutenden Schmelzen in Teutschland doch immer auf eine Länge von 6′ rechnen dürfe.

Sämmtliche Röhren haben an ihren beiden Enden kreisförmige Anstoßscheiben (Lappen, Kränze), welche von 90° zu 90° durchlocht sind, und mittelst durchgesteckten Schraubenbolzen, die am einen Ende einen starken Kopf, am anderen ein Gewinde haben, mit Gewalt zusammengeschroben werden.

Die Flächen der Anstoßscheiben an den Bogenröhren müssen nothwendig nach unten konvergiren, und zwar so, daß ihr lothrechter Durchmesser durch den Mittelpunkt des Bogens durchlauft.

Die Entfernung der Mittelpunkte zweyer Röhrenmündungen von einander sey = 6′, die Entfernung dieser Mittelpunkte vom Mittelpunkte des Bogens = 400′, der äussere Durchmesser einer Stoßscheibe = 2′, so hat man

Entfernung der tiefsten Punkte der Aussenflächen der beiden Anstoßscheiben $= 6 - \frac{6}{400}$

$= 6 - 0{,}015 = 5{,}985'$

Entfernung ihrer beiden höchsten Punkte

$= 6{,}015'$

Dieses muß beim Gusse mit äußerster Pünktlichkeit beobachtet werden. Mit geometrischer Genauigkeit wird sich dieses freilich nicht erhalten lassen. Wenn indessen die ganze Bogenhöhe, welche 30,44′ betragen sollte, nach dem Zusammenschrauben auch um 5 — 6 Zolle mehr oder weniger von 30,44′ abweichen sollte, so bleibt dieses für die Anlage gleichgültig, weil wir keinen Grund haben, genau 30,44′ zur Höhe zu fordern.

§. 200.

Aus dem Grundriß ersieht man, daß sechs Paare solcher Bögen vorkommen, wie man zwey im Aufrisse sieht. Durchaus ist die Eisenmasse aller Röhrenwände 1″ dick; aber die Röhren der unteren Bögen sind im Lichten 15″, die der oberen nur 9″ weit. Die Anstoßscheiben sind durchaus $3\frac{1}{2}$″ breit, also ihr äusserer Durchmesser bey den unteren Bögen $15 + 2 + 7 = 24$″, bey den oberen $= 9 + 2 + 7 = 18$″. Die Dicke dieser Anstoßscheiben beträgt $1\frac{1}{4}$ Zoll.

§. 201.

Der Ritter v. Reichenbach hat in seiner angeführten Theorie der Brückenbögen scharfsinnige Untersuchungen über das Tragvermögen materieller Bögen angestellt, wodurch er (S. 25.) auf die Formel

CLVI. $$Q = \frac{2W}{R} \cdot \frac{[\text{Sin.}\frac{1}{2}(\varphi + \frac{1}{2}\vartheta)]^3}{\text{Cos.}\frac{1}{2}(\vartheta - \varphi) \cdot \text{Sin}\varphi \cdot (\text{Sin.}\frac{1}{4}\vartheta)^2}$$

kommt.

Diese Formel zu verstehen, denke man sich über einer beliebigen horizontalen Sehne mit einem willkührlichen Halbmesser R einen Bogen beschrieben, und solchen auf beliebige Weise in 2 Theile getheilt, die, in Bezug auf Grade, durch φ und ϑ ausgedrückt werden. Hält z. B. der ganze Bogen 40°, so könnte $\varphi = 10°$, $\vartheta = 30°$; oder $\varphi = 15°$, $\vartheta = 25°$ u. s. w. seyn. W ist das statische Moment der Festigkeit des Bogens an der Stelle, wo die beiden Bogenstücke zusammenhängen. Bey Röhren wäre also, wenn ihr Halbmesser bis zur Mitte der Eisendicke = b. und die absolute Festigkeit einer solchen Röhre = K gesetzt wird, $W = K \cdot b$ *)

Nach diesen Voraussetzungen bezeichnet nun Q die Tragkraft des Bogens an derjenigen Stelle, an welcher die beyden Bogenstücke (φ und ϑ) an einander stoßen. Wäre z. B. der ganze Bogen = 40°, und verlangte man die Last Q zu wissen, welche man in der Höhe von 10° auflegen könnte, wenn die brechende Kraft gerade noch mit dem Widerstande der Festigkeit im Gleichgewicht stehen sollte, so dürfte man in der vorstehenden Formel nur $\varphi = 10°$, $\vartheta = 30°$, und statt W und R die erforderlichen Werthe setzen.

Wenn a die Eisendicke der Wand ist, und a und b in (Bair.) Zollen ausgedruckt wird, so findet Hr. v. Reichenb. nach seinen Versuchen in Bezug auf

*) Ich nenne in der Folge b einigemal den Brechungshalbmesser.

Zentner $W = 480 \, , \, a\,b^2$. Die Subſtitution dieſes Werthes in obiger Gleichung für Q erfordert, daß auch R in Zollen ausgedruckt werden müſſe.

Um alſo die obige Gleichung in der Vorausſetzung gebrauchen zu können, daß ſich R auf Fuße und Q auf Zentner beziehe, ſetzt derſelbe

$$W = 40 \, a\,b^2$$

wo aber a und b in Zollen ausgedruckt bleiben. Z. B. für $a = 1''$ und $b = 3''$, würde $W = 1000$.

Für die Tragkraft im Scheitel hat man $\varphi = \beta$ alſo

$$\text{CLVII.} \quad Q = \frac{2\,W}{R \,.\, \text{Sin}\,\varphi} \,.\, \frac{(\text{Sin}\,\frac{3}{4}\varphi)^3}{(\text{Sin}\,\frac{1}{4}\varphi)^5}$$

Für eine horizontale Reihe zuſammengeſchrobener Röhren wäre $\varphi = 0$ alſo im Scheitel

$$Q = \frac{2\,W}{R \,.\, \text{Sin}\,\varphi} \,.\, \frac{\frac{9}{16} \,.\, \text{Sin}\,\varphi^3}{\frac{1}{16} \,.\, \text{Sin}\,\varphi^3} = \frac{18 \,.\, W}{R \,.\, \text{Sin}\,\varphi} = \infty$$

§. 202.

Das Reſultat am Ende des vor. §. ſcheint der allgemeinen Formel nicht günſtig, weil hiernach eine horizontale Maſſe unter übrigens gleichen Umſtänden in ihrer Mitte eine größere Tragkraft haben müßte, als eine bogenförmig gekrümmte. Ueberhaupt hätten hiernach flachere Bögen ein größeres Tragvermögen als die ſtärker gekrümmten bey derſelben Sehne.

Bezeichnet man den trigon. Faktor im Werthe von Q mit B, daß alſo

$$Q = \frac{2\,W}{R} \,.\, B$$

wird, so giebt die Berechnung, $\theta = 3\varphi$ gesetzt. *)

CLVIII. Für

$\varphi =$	2° 12′	$B =$ 72,38
	3° 18′	37,43
	6° 52′	23,29
	7° 12′	22,24
	11° 32′	14,06
	11° 15′	14,33
	12° 49′	12,61
	15° 0′	10,70

s. Funk Abh. über die Anwendung der Bohlenbögen zu hölzernen Brücken. S. 88.

Hieraus finde ich, wenn φ in Graden ausgedruckt wird, für die beyläufig schwächste Stelle genau genug

CLIX. $$Q = \frac{321 \cdot W}{R \cdot \Phi} = \frac{2W}{S} \cdot \frac{321 \cdot \text{Sin } 2\varphi}{\varphi}$$

wo S die zum ganzen Bogen (4φ) gehörige Sehne bezeichnet.

Dieser Werth von Q ist bey einerley S für die verschiedenen Werthe von φ beynahe unveränderlich, doch für kleinere φ oder flachere Bögen etwas weniges größer als für gewölbtere.

Wäre $S = 100'$, so würde

für $\varphi = 15°$ $\quad Q = 0{,}107 \cdot 2W$

$\varphi = 45°$ $\quad = 0{,}0713 \cdot 2W$

*) So wird nämlich φ der 4te Theil des ganzen Bogens, wo am Ende von φ beyläufig die schwächste Stelle des Bogens angenommen werden kann.

also bey dem weit flacheren Bogen das Tragvermögen (in $\frac{1}{4}$ des Bogens) um die Hälfte größer als beym Halbkreise.

§. 203.

Dieses Resultat könnte gegen die Richtigkeit der Formel für Q Zweifel erregen, weil es hiernach am besten wäre, die Bogengestalt ganz aufzugeben, und die einzelnen Röhren horizontal zusammenzuschrauben, so daß sie horizontale Balken bilden. Wozu sollte die Bogengestalt dienen, da hiermit, der Formel zufolge, die Tragkraft nur vermindert wird?

Eine wesentliche Bedingung zum Bestande des Bogens ist die, daß er vermöge seines eigenen Drucks und der auf ihm ruhenden Last sich nicht seitwärts dehne, daß also vor allen Dingen seine beyden Enden verhindert werden, sich längs der Sehne weiter von einander zu entfernen und eine größere Sehne zu bilden. Es müssen also die beyden Enden einen hinlänglichen Gegendruck von den äußersten Punkten gegen die Mitte der Sehne leiden, damit sie nicht weichen.

Bestände der ganze Bogen aus n Röhren, wovon jede das Gewicht K hätte, so wäre der Seitendruck nach horizontaler Richtung $= \frac{K}{\text{tang.} \frac{\varphi + \theta}{n}}$; eine solche Kraft müßte also an beyden Enden horizontal entgegenwirken, um an diesen Stellen Ausdehnung zu verhindern, das aufgelegte Gewicht bey Seite gesetzt. Einen solchen Widerstand müßten also die Widerlager leisten, wofern sie nicht seitwärts weichen sollten.

Bey einem horizontalen Balken wäre $\varphi + \beta = 0$, also jener Seitendruck und der ihm gleiche Widerstand der Widerlager $= \frac{K}{0} = \infty$. Nun setzt aber Hr. v. R. allemal hinlänglichen Widerstand von Seiten der Widerlager voraus, folglich bleibt bey horizontalen Balken weiter keine Möglichkeit zur Seitenausweichung übrig. Hieraus wird begreiflich, warum die allgemeine Formel $Q = \infty$ geben muß, sobald sie auf einen horizontalen Balken angewendet wird.

Auch bey Bogenbalken bleibt die Voraussetzung, daß für hinlänglichen Widerstand der Widerlager gesorgt sey, so daß an den Enden kein Ausweichen zur Seite eintreten könne. Aber jetzt wird Ausweichung der Theile oberhalb den beyden Enden möglich, und die Gestaltsänderung des Bogens wird um soviel leichter, jemehr die Länge des Bogens die der Sehne übertrifft; sie wird bey einem Halbkreise leichter als bey einem ebenso weiten Bogen von 15°, wie solches auch durch Versuche leicht bestättigt werden kann.

Von dieser Seite liegt also in der Reichenbachschen Formel für Q nichts gegen die Natur der Sache.

§. 204.

Aber ich kann nicht umhin, hier einige andere Bemerkungen über die gedachte Formel beyzufügen. Der Gegenstand ist von Wichtigkeit und kann nicht genug beleuchtet werden. Irre ich, so werde ich wenigstens dazu beygetragen haben, die Reichenbachische Theorie näher erörtert, noch schärfer geprüft und als durchaus erwiesen gegen alle weitere An-

griffe völlig gesichert zu sehen, welches für die Wissenschaft von größter Wichtigkeit seyn würde. Und ich wünschte deßhalb zu irren. *)

Die Formel $Q = \frac{2W}{R} . B$ (§. 5.) giebt nämlich $Q = o$, sobald $W = o$ wird. Legte man also zwey materielle Bogenstücke von φ und von β Graden so an einander, daß sie einen Bogen von $\varphi + \beta$ Graden mit horizontaler Sehne bilden (z. B. zwey so ausgehauene Steinbögen), die nun in ihrem Fugenschnitte ohne alle Verbindung beysammenlägen, an beyden Enden aber sich auf hinlänglich feste Widerlager stützten, so wäre dieses Bogens Tragvermögen an der Stelle seines Fugenschnitts $= o$, weil hier $W = o$ wäre.

Man denke sich nun z. B. 20 Röhren, jede zu 6′ lang, in gerader Linie mit ihren Anstoßscheiben ohne durchgesteckte Schraubenbolzen so an einander gelegt, daß ihre gemeinschaftliche Axe keine gerade Linie bildet, so lassen sich solche zwischen 2 hinlänglich festen Widerlagern, etwa mittelst Keilen allemal so zusammendrucken, daß sie nicht nur, obgleich in allen ihren Fugenschnitten $W = o$ ist, in ihrer Lage schwebend beharren, sondern daß auch noch eine ansehnliche Last Q, wo man will, aufgelegt werden

*) Da ich voraussetzen muß, daß Jeder, dem es um das Studium der Brückenbaukunde Ernst ist, die treffliche Reichenb. Schrift besitze, so kann ich die Art, wie Hr. v. R. zu seiner Formel gelangt ist, hier als bekannt voraussetzen.

kann. Wären auch die beiden äussersten Seitenflächen dieser Masse lothrecht, das Gewicht der gesammten Masse = 120 Ztr., und die Reibung $\frac{1}{4}$ des Drucks, so würde die ganze Masse der 20 Röhren schon schwebend erhalten werden, wenn an jedem Ende ein horiz. Druck = 480 Ztr. angebracht würde; und bey einem Druck von 600 Zentnern würde schon eine ansehnliche Last aufgelegt werden können. Obige Formel giebt aber für W = o allemal auch Q = o.

Der Umstand, daß alle Röhren unter sich im Gleichgewicht sind, welcher auch bey dieser horizontalen Lage eintritt, berechtiget nicht, die gegenseitigen Pressungen bey Seite zu setzen.

Diese scheint mir aber Hr. v. R. in seiner Abhandl. S. 18. u. f. ganz ausser Acht gelassen zu haben. Er setzt (in Bezug auf seine Fig. 8.) S. 18.

$$b\,m \,.\, x = W$$

sieht also die Sache so an, als ob blos der Zusammenhang bey b (dort Fig. 8.) mit der Kraft x im Gleichgewicht seyn müßte. Aber nach meiner Ansicht muß der Druck $\frac{K}{\text{tang.}\frac{\varphi+\theta}{n}}$ (vorhin §. 7.) hierbey

mit berücksichtigt werden. Dieser Druck ist horizontal; der hieraus auf M b entstehende senkrechte Druck ist $\frac{K \,.\, \text{Cos. C M b}}{\text{tg.}\frac{\varphi+\theta}{n}}$; ist nun der Brechungshalbmesser der Röhre (d. h. bis zur Mitte der Eisendicke) = b,

so ist stat. Mom. dieses Drucks $= \frac{b\ K\ .\ Cos.\ C\ M\ b}{tg.\ \frac{\varphi + \theta}{n}}$,

also

$$b\ m\ .\ x = W + \frac{b\ K\ .\ Cos.\ C\ M\ b}{tg.\ \frac{\varphi + \theta}{n}}$$

Aber $C\ m\ b = \frac{1}{2}(\varphi + \theta) - \varphi = \frac{1}{2}(\theta - \varphi)$,

also

$$b\ m\ .\ x = W + \frac{b\ K\ .\ Cos.\ \frac{1}{2}(\theta - \varphi)}{tang.\ \frac{\varphi + \theta}{n}}$$

oder

$$\frac{b\ m\ .\ A\ d\ .\ X}{A\ L} = W + \frac{b\ .\ K\ .\ Cos.\ \frac{1}{2}(\theta - \varphi)}{tang.\ \frac{\varphi + \theta}{n}}$$

Diese Grösse zur Rechten müßte also nach meiner Ansicht statt W gesetzt werden; dabey muß b in Zollen ausgedruckt werden, indem wir nach (§. 5.) dort a und b gleichfalls in Zollen nehmen.

Für den Scheitel wäre $\varphi = \theta$; macht man also $\frac{\varphi + \theta}{n} = 1$, so wird für die Tragkraft im Scheitel

$$\frac{Cos.\ \frac{1}{2}(\theta - \varphi)}{tg\ \frac{\varphi + \theta}{n}} = \frac{1}{0{,}01745} = 57{,}3$$

und

$$\frac{b \,.\, K \,.\, \text{Cos.}\frac{1}{2}(\theta-\varphi)}{\text{tg.}\,\frac{\varphi+\theta}{n}} = 57{,}3 \,.\, b \,.\, K$$

Wäre z. B. $b = 8''$, $K = 6$ Zentner, so hätte man hiernach $W + 57{,}3 \,.\, 8 \,.\, 6$ oder $W + 2750$ statt W zu setzen, welches dann $Q = \frac{2\,(W+2750)}{R} \,.\, B$ gäbe. Für $W = 0$ wäre jetzt $Q = \frac{5500}{R} \,.\, B$; also, für $R = 400'$, $Q = \frac{55}{4} \,.\, B = 11{,}25 \,.\, B$. Nimmt man aus §. 6. B nur $= 14{,}33$, wie es dort für die beyläufig schwächste Stelle angegeben ist, so hätte man, $4\,W = 0$, doch noch $Q = 11{,}25 \,.\, 14{,}33 = 161$ Ztr.

Zwey solche Bögen unter einander gäben, allen Einfluß der Verbindungsröhren bey Seite gesetzt, schon 322 Ztr. und 6 solche Paare, wieder allen Einfluß der Seitensprossen bey Seite gesetzt, für $W = 0$, $Q = 6 \,.\, 322 = 1932$ Zentner.

Diesen Werth bey Seite gesetzt, findet Hr. v. R. (S. 35.) wegen des Zusammenhangs aller Röhren $Q = 5043$ Zentner, wofür also wenigstens 7000 Zentner gesetzt werden könnten.

§. 205.

Eine zweite Bemerkung zu der Reichenbachischen Theorie ist die ziemlich triviale Erinnerung, daß es mißlich ist, den Mittelpunkt oder Vereinigungspunkt der Festigkeit eines prismatischen Körpers in seinem Schwerpunkte anzunehmen. Hiermit wird der Werth von Q, in so fern er von der absoluten Festigkeit des Materials abhängt, wenigstens um $\frac{1}{4}$ unsicher.

Auch die Grösse der absol. Festigkeit selbst ist bey gegossenem Eisen äußerst verschieden. Da aber Hr. v. R. solche sehr gering annimmt, so kann diese Ungewißheit hier nicht schädlich werden.

§. 206.

Noch ein dritter Umstand scheint mir einer vorzüglichen Aufmerksamkeit werth; daß nämlich Hr. v. R. die Summe der 4 Widerstände, welche sich dem gleichzeitigen Brechen an den angenommenen 4 Stellen (S. 17.) widersetzen, als Tragkraft des Bogens annimmt. Allerdings unterstützen sich diese 4 Widerstände gegenseitig, aber hiermit scheint mir jene Summirung nicht gerechtfertigt. Ohnstreitig hat eine irgendwo aufgelegte Last Q Einfluß auf die Spannung des Bogens in allen seinen Theilen; jedes einzelne Röhrenstück empfindet die Auflage oder leidet davon. Was also Hr. v. R. für 4 Stellen gethan hat, könnte oder müßte man eigentlich für jede Röhre thun, um so den Widerstand für jede Stelle zu bestimmen. Welche Summe von Widerständen würde dann aber für Q herauskommen! Von wirklich erfolgendem Bruche kann ohnehin nicht die Rede seyn, weil vielmehr von dessen Verhütung die Rede ist. Wirklicher Bruch würde aber auch, bey vernachlässigter Stärke des Bogens oder Fehlern im Gusse oder mangelhaften Widerlagern, zunächst immer nur an der schwächsten Stelle erfolgen, womit dann freilich in unbemerkbar kurzer Zeitfolge mehrere Brüche, dem Anscheine nach zugleich, als Folgen des ursprünglichen Bruchs eintreten können.

Daß dergleichen gefährliche Stellen gerade nur die 4 vom Verf. angegebenen seyen, läßt sich weder beweisen noch auch mit Wahrscheinlichkeit behaupten, da bey der Verschiedenheit eines und desselben Materials (wegen der Unmöglichkeit eines völlig gleichen Gusses) benachbarte Stellen gleiche Gefahr treffen kann. Er wäre also berechtigt gewesen, wenigstens 8 Stellen statt der 4 in Rechnung zu bringen, und hätte dann schon etwa den doppelten Werth von Q gefunden. So würde also das Resultat ganz von unserer Willkühr abhängen.

Nach meiner Ansicht ist daher diese Summirung von Widerständen nicht gestattet. Stärkere Stellen kommen schwächeren allerdings zu statten. Es ist aber eigentlich nicht die Frage: welche Kraft müßte an allen diesen der Möglichkeit des Brechens unterworfenen Stellen wirken, um gleichzeitiges Brechen zu bewirken? sondern: wie groß ist das von einer aufgelegten Last Q herrührende gemeinschaftliche Streben, Gestaltesänderung im Bogen hervorzubringen? Denn Streben zur Gestaltesänderung ist es, was den Bogen zu brechen droht. Zur Beantwortung dieser Frage scheint mir nun des V. Berechnung nur dann zu führen, wann wir in seinen 4 Werthen der Widerstände in den angenommenen 4 Stellen fürs erste noch die vorhin §. 8. angegebene senkrechte Seitenpressung in den Fugenschnitten zu W addiren, dann aber von den so gefundenen 4 Widerständen

das

das arithmetiſche Mittel nehmen, oder ihre Summe mit 4 dividiren.

Ob nun die Berechnung nur für 4 oder für 8 oder für 20 Stellen angeſtellt, und nun das arithmetiſche Mittel von 4 oder von 8 oder von 20 Widerſtänden genommen wird, iſt für die Ausübung ziemlich gleichgültig, weil die geringe Verſchiedenheit der Reſultate auf die Ausübung oder auf die in der Ausübung zu nehmenden Maaßregeln keinen merklichen Einfluß haben kann, wenn man nur nicht weniger als die vom V. angenommenen 4 Stellen bey der Berechnung zum Grunde legt.

§. 207.

Um nichts unberührt zu laſſen, was mir der Reichenb. Theorie entgegen zu ſtehen ſcheint, und mich hiermit im Lobe dieſes groſſen Mannes keiner Partheilichkeit verdächtig oder ſchuldig zu machen, muß ich einen vierten Punkt bemerken.

Der würdige Ritter v. R. zerlegt nämlich die Kraft h b (bey ihm Fig. 8.) in die g b und i b, und ſetzt letztere als Tangentialkraft ganz bey Seite (S. 17. 17).

Man ſetze aber, es ſtehe in der Gegend b eine Laſt von z. B. 120 Ztrn. ruhig, ſo iſt der hieraus nach der Tangente T. b entſtehende Druck $= 120 . \text{Sin.} \frac{1}{2} (\theta - \varphi)$.

Wäre alſo $\theta = 3\varphi$, ſo hätte man nach T b einen Druck $= 120 . \text{Sin } \varphi$, alſo, $\theta + \varphi = 45°$ geſetzt, $= 120 . \text{Sin } 11° 15' = 120 . 0{,}195 = 23{,}4$ Ztr.

Allgemein wäre dieser Tangentialdruck, für $\beta = 3\varphi$, $= Q \operatorname{Sin} \varphi$. Dieser Druck gegen das Bogenstück bA nach der Richtung bk strebt nothwendig die Gestalt dieses Bogenstücks abzuändern, nämlich den Bogen höher zu spannen.

Weil indessen der Bogen von b bis A durch die Unterstützungsröhren und durch die Querspross en so sehr gegen jene Ausbeugung geschützt wird, daß dieses Streben zur Aenderung der Bogengestalt in Vergleichung mit den übrigen zu diesem Effekt in Rechnung kommenden Angriffen für die Ausübung unbedeutend bleibt, so ist die deßhalb noch erforderliche Korrektion von keinem Belang. Aendern wir nun nach dem allem die Reichenbachische Formel ab, und nehmen dabey besonders auf die Voraussetzung $\varphi = \frac{1}{3}\theta$ Rücksicht, wie solche beyläufig für die schwächste Stelle gilt, so erhalten wir, $\frac{1}{4} W + \frac{b K \cdot \operatorname{Cos.} \varphi}{\operatorname{tang.} \frac{\varphi + \theta}{n}} + Q \operatorname{Sin} \varphi$

statt W gesetzt, aus (§. 8.)

$$Q = \frac{2}{S} \cdot \left(\frac{1}{4} W + \frac{b K \cdot \operatorname{Cos.} \varphi}{\operatorname{tang.} \frac{\varphi + \theta}{n}} \right) \times \frac{321 \cdot \operatorname{Sin} 2\varphi}{\varphi}$$

oder, wenn der ganze Bogen $\alpha = 4\varphi$ Grade hält,

CLX. $$Q = \frac{2568 \cdot \operatorname{Sin} \frac{1}{4}\alpha}{S \cdot \alpha} \cdot \left(\frac{1}{4} W + \frac{b K \cdot \operatorname{Cos.} \frac{1}{4}\alpha}{\operatorname{tang.} \frac{\alpha}{n}} \right) \text{Ztr.}$$

wo S in Bezug auf Fuße, b in Bezug auf Zolle, W und K in Bezug auf Zentner und α in Bezug auf Grade ausgedruckt werden muß. Für 12 solche neben

einander liegende Röhrenbögen, die noch durch Querſproſſen unter einander verbunden wären, hätte man

CLXI $$Q = \frac{30816 \cdot \text{Sin } \frac{1}{2}\alpha}{S \cdot \alpha} \cdot \left(\frac{1}{4}W + \frac{b\,K \cdot \text{Cos } \frac{1}{2}\alpha}{\text{tang. } \frac{\alpha}{n}}\right)$$

Was nun W betrifft, ſo findet man in jener Schrift S. 27., daß Hr. v. R. durch eigene Verſuche die abſolute Feſtigkeit des Gußeiſens nur zu 76 $\frac{1}{3}$ bair. Zentner für einen Quadratzoll (bair.) gefunden hat. Dagegen giebt Eytelwein Handb. der Stat. feſter Körper 2 B. S. 262. für den rhl. Q. Zoll 704 Zentner (zu 100 Berl. Pf.) an; demnach wäre nach E. die ſpec. Feſtigkeit des gegoſſenen Eiſens faſt 7mal ſo groß als nach R.

Dieſe auſſerordentliche Verſchiedenheit eines für die Anwendung ſo wichtigen Beſtimmungsſtücks darf nicht befremden. Ich habe dergleichen groſſe Verſchiedenheiten bey mannigfaltigen Anlagen im Groſſen zur Genüge kennen gelernt. Aber mit ſo viel gröſſerem Vertrauen können wir die Reichenbachiſche Beſtimmung hier allemal zum Grunde legen, indem wir auf die Möglichkeit, daß ſelbſt ſie in einzelnen Fällen vielleicht noch zu groß und der Guß unvollkommen ausgefallen ſeyn, auch einzelne Röhren nicht überall die angenommene Wanddicke haben könnten, noch beſondere Rückſicht nehmen werden.

Die Wanddicke kann überhaupt zu 1^{11} angenommen werden, indem nach der Verſchiedenheit der vorkommenden Fälle b gröſſer oder kleiner genommen werden kann. Bezeichnen wir indeſſen die Wanddicke

in Zollen allgemein mit a, so ist die Durchschnittsfläche des Eisens $= 6{,}28 \cdot b \cdot a$, die hierzu gehörige absolute Festigkeit $= 6{,}28 \cdot b \cdot a \cdot 76\frac{1}{3}$ bair. Zentner, und

$$W = 6{,}28 \cdot b^{\circ} \cdot a \cdot 76\frac{1}{3} = 479 \cdot a \cdot b^{\circ}$$

Wenn aber S nicht in Zollen sondern in Fußen, wie gewöhnlich, ausgedruckt wird, so muß man noch mit 12 dividiren; dieses giebt

$$W = 40 \cdot a\, b^{\circ}$$

Hat man also N neben einander liegende unter einander durch Querſprossen verbundene Röhrenbögen, so hat man allgemein, indem man auch das zweyte Glied der Parentheſe mit 12 dividirt

CLXII. $$Q = \frac{2568 \cdot N \cdot \text{Sin.}\frac{1}{2}\alpha}{S \cdot \alpha} \cdot \left(10 \cdot a\, b^{\circ} + \frac{b\,K \cdot \text{Cos.}\frac{1}{4}\alpha}{12 \cdot \text{tang} \cdot \frac{\alpha}{n}}\right)$$

Um K zu berechnen, kann man das spec. Gewicht des Eisens $= 7{,}6$ setzen.

Dieser Ausdruck bezieht sich auf die beyläufig schwächste Stelle.

§. 208.

Aber das Tragvermögen wird bey derselben Anzahl von Röhrenbögen ungleich größer, wenn $\frac{1}{2}$ N solche Bögen oberhalb und $\frac{1}{2}$ N in gewissem Abstande unter denselben angebracht, und nun untere und obere nach Hrn. v. Reichenbachs Angabe wieder durch Röhren mit einander verbunden werden.

Der V. läßt nun durchaus $a = 1''$, für die unteren Bögen setzt er $b = 8''$, aber für die oberen nur $= 5''$, und findet, wenn die über einander liegenden Bögen koncentrisch laufen, so daß ihre Axen 4′ hoch über einander liegen, ihre Tragkraft etwa $2\frac{1}{2}$ mal so groß, als wenn die N Röhren, alle für $b = 8''$ angenommen, neben einander lägen.

Für diese Einrichtung wird also

CLXIII. $Q = \frac{5778 \cdot N \cdot \text{Sin } \frac{1}{2}\alpha}{S \cdot \alpha} \cdot \left(10 \cdot ab^{\circ} + \frac{bK \cdot \text{Cos. } \frac{1}{2}\alpha}{12 \cdot \text{tang. } \frac{\alpha}{n}}\right)$

welches als die für dergl. Reichenb. Brücken eigentlich anwendbare Formel anzusehen ist.

Der V. giebt den Bair. K. F. Gußeisen zu 344 Bair. Pf. an.

Ex. Es sey $\alpha = 45^{\circ}$, und für einen einzelnen Röhrenbogen $n = 45$, so kann man für die 306′ weite Brücke die Länge einer Röhre (zur Berechnung von Q) $= 7'$ annehmen. Nach des V. Berechnung kann man das Gewicht sämmtlicher Bögen für alle 45° beyläufig $= 10000$ Ztr. setzen, also für $1^{\circ} = \frac{10000}{45}$ hiervon $\frac{1}{12}$ giebt $K = \frac{10000}{540} = 18{,}7$ Ztr.

Ferner Cos. $\frac{1}{2}\alpha$ = Cos. 11° 15′ = 0,9878; Sin $\frac{1}{2}\alpha$ = Sin 22° 30′ = 0,3827; $S = 306'$; demnach für $N = 12$ $b = 8''$ und $a = 1''$

$$Q = \frac{5778 \cdot 12 \cdot 0{,}3827}{306 \cdot 45} \cdot \left(640 + \frac{8 \cdot 18{,}7 \cdot 0{,}9878}{12 \cdot 0{,}01745}\right)$$

$= 1{,}927 \cdot 1345 = 2583$ Ztr.

Hr. v. R. hat zwar das zweyte Glied der Parentheſe nicht, dagegen hat er (S. 35.) 2560 ſtatt 640 und findet daher im Ganzen a. a. O. doch Q ohngefähr doppelt ſo groß, als es hier gefunden iſt, nämlich = 5043 Ztr.

§. 209.

Aus der Zeichnung erſieht man, daß die über einander liegenden Bögen nicht koncentriſch laufen, ſondern daß der Mittelpunkt jedes unteren Bogens höher liegt, als der des zugehörigen oberen.

Hiermit wird der Brückenkörper von der Mitte gegen die beiden Widerlager immer höher, und aus eben dem Grunde die Tragkraft noch vergröſſert auch dem Schwanken mehr vorgebeugt.

Um ſo mehr wird ſelbſt für die ſchwächſte Stelle Q > 2583 Ztr., welches beiläufig die gröſtmögliche Laſt wäre, die bey einer Brückenbreite von 36′ auf der einen Brückenhälfte wirklich vorkommen könnte (a. a. O. S. 39.), wenn nämlich Menſch an Menſch angedrängt wäre, und jeder 150 Pf. wöge. Dieſe Vertheilung der Laſt wäre aber bey weitem nicht für die Brücke ſo gefährlich, als wenn dieſelbe Laſt von 2583 Ztrn. nur in einer einzigen Querlinie der Brücke und zwar an der ſchwächſten Stelle angebracht wäre. Da nun die Brücke an der ſchwächſten Stelle in einer Querlinie 2583 Zentner zu tragen vermag, und ordentlicher Weiſe von einer ſolchen Belaſtung kaum jemals $\frac{1}{4}$ vorkommen wird, ſo könnte die Brücke hiernach ſchon als hinlänglich ſtark angeſehen werden.

Weil man aber für dauernde größtmögliche Sicherheit der Brücke fordern kann, daß sie sogar doppelt so viel zu tragen vermögend seyn solle, als jene theoretische größtmögliche Belastung auf einer Brückenhälfte ausmacht, so sehe ich die angenommenen Abmessungen für die 306′ weite Bögen noch nicht als hinlänglich an, sondern würde sowohl für die oberen als für die unteren Bögen b = 9 Zoll fordern.

§. 210.

Bey dem allem wird nun vorausgesetzt, daß die Widerlager dem horizontalen Seitendruck hinlänglichen Widerstand leisten — **Hic labor, hoc opus est!** Hr. v. R. berechnet selbst die hierzu erforderliche Masse eines Widerlagers zu 90000 Kub. Fuß! (S. 42 und 72).

Nämlich bey der größtmöglichen Belastung setzt er das Gewicht der einen Brückenhälfte = 10000 Ztr. Hieraus entsteht beym Bogen von 45° an Widerlager der Seitendruck $= \frac{10000}{\text{tg. } 22\frac{1}{2}^{\circ}} = \frac{10000}{0{,}4142} = 24143$; setzt man die Reibung hierbey = der Hälfte des Drucks, so wirkt solche dem Seitendruck schon mit einer Kraft von 5000 Ztr. entgegen, und es bleibt derselbe nur noch = 19143 Ztr. Soll nun der von den Bögen angegriffene Theil des Widerlagers blos vermöge der Reibung widerstehen, so muß der gedachte Theil 2 . 19143 = 38286 Ztr. wiegen. Nimmt man zur größtmöglichen Sicherheit das Doppelte, so erhält man 76572, oder beyläufig 77000 Ztr. Man kann

daher für ein ganzes Widerlager etwa 90000 Ztr. rechnen.

§. 211.

Bey vorstehender Berechnung ist keine Rücksicht auf den Zusammenhang der beyden Bogenhälften im Scheitel genommen. Nun sind solche aber allemal mit 4 Schraubenbolzen an einander befestigt, welche 1,27″ dick sind, die zu diesem Durchmesser gehörige Kreisfläche beträgt 1,28 Q. Zolle, also für 4 Bolzen 5,12 Q. Z. bey jedem Bogen, und für alle 12 Bögen 12 . 5,12 = 61,44 Q. Z.

Beträgt nun die absol. Festigkeit für 1 Q. Z. $76\frac{2}{3}$ Zentner, so erhält man

Zusammenhang in den 12 Scheiteln oder in ihrer Nähe = 61,44 . 76 = 4690 Ztr.

So bleiben also statt vorhin gerechneter 19143 nur noch 14453 Zentner. Dieses wie vorhin 4 mal genommen giebt 57812 Zentner, und für ein ganzes Widerlager jetzt etwa 70000 Ztr. Von scharfen Berechnungen kann hier nicht die Rede seyn; es darf auf einige hundert Zentner nicht ankommen.

§. 212.

Man sieht, daß die Hauptschwierigkeit, die dem Baue so ungeheurer Brücken entgegen steht, eigentlich in der Forderung liegt, hinlänglich feste Widerlager zu bauen. Geschieht diesem Postulate Genüge, so leistet übrigens eine Brücke ziemlich gleichen Widerstand, ihre Bögen mögen mehr oder weniger gewölbt seyn; doch leisten die flacheren immer noch etwas

mehr. Dieses kann uns aber nicht bestimmen, flachere Bögen zu wählen, weil diese für das Weichen der Widerlager um soviel gefährlicher sind.

Könnte man aber die Widerlager in Felsen einsetzen, so wäre alle Schwierigkeit wegen der Verschiebbarkeit der Widerlager gehoben, und man könnte dann ohne Bedenken die Bögen bis zu $\alpha = 20°$ verflächen, wenn die Bogenweite = 306′ seyn sollte.

§. 213.

Statt der 12 Reichenbachischen Bögen (6 unteren und 6 oberen) hat Wiebeking nur 5, nämlich 3 parallele Hauptbögen und 2 Diagonalbögen. Der (innere) Durchmesser der Hauptröhren beträgt 9 Zoll, die Wanddicke der beyden äußeren 1,5 Zoll, die des mittleren 1 Zoll; die Diagonalbögen haben die Abmessungen des mittleren Hauptbogens; die Querröhren haben 6″ zum Durchmesser und 6 Linien zur Wanddicke.

Aus der Zeichnung (Tab. XVIII. wo die unteren 7 Zeichnungen zur Wiebekingschen Brücke gehören) ergiebt sich, daß an jedem Ende des Brückenbogens Röhren über die Bogenrippen laufen, die der V. Stütz- oder Widerlagsröhren nennt, deren besonderen Nutzen ich aber nicht einsehe. Eine wesentliche Einrichtung dieses Baues scheint die mit den Spann- und Tragringen zu seyn, deren 24 große, nämlich über jeder der 3 Rippen 8, angebracht sind; erstere zeigt die Zeichnung. Sie bestehen aus geschmiedetem Eisen; das bey den zwey größten an jedem Bogenende 2 Zoll dick und in der Richtung des

Halbmessers 4 Zoll breit oder hoch ist; die zwey kleineren auf jeder Seite des Bogens (denn man sieht auf jeder Seite des Bogens 4 große Ringe) sind nur halb so dick und halb so breit. In der Mitte des Brückenbogens sieht man nach der Breite der Brücke Windruthen angebracht, die von Eichenholz gemacht seyn sollen.

Auch die Widerlager unterscheiden sich von den Reichenbachischen besonders durch die bogenförmig aufgelagerten Stützplatten und durch die mit dem angebrachten Gewölbe verbundene Ersparung an Steinen.

Endlich besteht noch ein wesentlicher Unterschied der Wiebekingschen Bögen und der Reichenbachischen in der Art, wie die einzelnen Röhrenstücke zusammengesetzt werden. Zur näheren Erläuterung sind unten auf der Kupfertafel noch 5 Zeichnungen nach einem grösseren Maaßstabe beigefügt worden.

Es sind nämlich sämmtliche Hauptröhren, die einen Bogen bilden, wie Balken zusammengeschifftet, und deshalb, wie man Fig. C, D und E sieht, an ihren Enden nach r r schief abgeschnitten. Nach diesen Schifftungen werden sämmtliche Röhren C (Fig. A, C, D, E) zusammengesetzt; dieses sind die am Anfange dieses §. für die beiden äusseren Rippen zu $1\frac{1}{2}$ und für die mittlere zu 1 Zoll Wanddicke angegebenen Röhren. Beim Zusammenstossen dieser Röhren wird nun jedesmal ein 30″ langes Röhrenstück oder Hülse wie R (Fig. D und E) eingeschoben, die etwa 8″ über jedes Ende der Schifftung eingreift;

die Wanddicke dieser Hülse beträgt 9''' oder $\frac{3}{4}$ Zoll. Eine ähnliche Hülse zu 24'' lang wird aber auch ausserhalb über die Schifftung geschoben, wie man Fig. A und D sieht; daher erscheinen Fig. D drey Röhrenwände über einander.

Bey y sind die Hauptröhren und die beiden Hülsen durchlocht, um Schraubenbolzen durchstecken zu können.

Vom Scheitel abwärts bis zu den Spannringen werden die Schraubenbolzen so hoch gemacht, daß sie durch die Bogenbalken durchgehen. Der durch die Röhren laufende Theil dieser Schraubenbolzen, oder Stützschrauben ist 1 $\frac{1}{2}$ Zolle dick; der auf den äusseren Hülsen aufsitzende Theil ist nach der Angabe 2 Zoll dick und 1' hoch. Unten wird an dem 4'' langen Gewinde eine 2 $\frac{1}{2}$'' dicke Mutterscheibe vorgeschroben. Man sieht dieses alles deutlich aus Fig. B und D.

An der Strecke der Bögen, wo die Spannringe aufsitzen, sind die Schraubenbolzen nur 1'' dick, und nur lang genug, um sie gleich oberhalb und unterhalb mit Muttern an die Röhren gehörig fest schrauben zu können.

§. 214.

Ohne den Schiedsrichter zwischen zwey so grossen Künstlern machen zu wollen, sey es mir nur erlaubt, mit wenigen Worten meine Meinung hierüber zu sagen.

Die Erinnerung des R. v. Wiebeking, daß die unmittelbaren Stösse auf gegossene eiserne Röhren

Sprünge fürchten lassen, scheint mir nicht unwichtig, wenigstens die Ueberzeugung von Gefahrlosigkeit nicht begründet genug, um auf geradewohl einen so kostspieligen Bau zu wagen. Es mögte daher nicht undienlich seyn, die über einander liegenden Bögen durch theils kreisförmige, theils elliptische geschmiedete Ringe wie die Wiebekingschen unter einander zu verbinden. Auch die Einrichtung der Wiebekingschen Widerlager in Bezug auf die Stützplatten scheint mir nachgeahmt zu werden verdienen, doch nach meinem Bedünken mit der Abänderung, daß die Rostfläche, auf welcher die untersten Stützplatten aufliegen, eine schiefe Fläche bilde. Dagegen scheint mir dies in dem Widerlager zur Ersparung der Steinmasse angebrachte Gewölbe nicht empfehlenswerth, sondern für den Bestand der Brücke höchst gefährlich, indem die Seitenmauern dieses Gewölbes den ungeheuren horizontalen Druck des eisernen Bogens auf den Schlußstein nicht hinlänglich widerstehen können. Wollte man aber auch auf diesen Umstand nicht achten, und den ganzen inneren Gewölbbogen bis zum letzten oder äussersten Steine des Widerlagers als eine einzige Masse betrachten, so würde solche doch wegen der fehlenden Masse bey weitem weniger dem Verschieben widerstehen, als wenn der ausgewölbte leere Raum mit Mauerwerk ausgefüllt wäre. Es wäre also meines Erachtens die Wölbung ein Ersparungsmittel, wodurch der Bestand der Brücke wegen dem verminderten Gewichte der Widerlager gefährdet würde, zumal, da der Verf. den Widerla-

gern hinter den Enden der beiden äusseren Bögen längs der Brücke nur eine Dicke von 18′ geben will. Die Dauer von Widerlagern grosser steinerner Brücken kann hier nicht zum Beweise des Bestandes einer 306′ weiten eisernen Brücke gebraucht werden, weil fürs erste keine dergleichen flache steinerne Brücke mit einem ähnlichen Widerlager als Beispiel aufgeführt werden könnte; fürs andere der horizontale Seitendruck steinerner Bögen durch das über den Bögen selbst aufgeführte Mauerwerk schon ausserordentlich geschwächt wird, und fürs dritte oft die Beschaffenheit der Ufer allein den entscheidenden Grund der Festigkeit ausspricht.

In Betreff der Verbindungsweise der einzelnen Röhren unter einander kann ich nicht bergen, daß mir die Wiebekingsche anfangs weit einfacher und ungleich leichter ausführbar schiene, als die Reichenbachische. Bey genauerer Untersuchung zeigten sich mir aber doch auch bey jener einige Schwierigkeiten für die wirkliche Ausführung, über welche der Ritter v. W. ganz weggeht; nämlich das Uebereinanderschiften und Ineinanderstecken der Röhren nach der Krümmung des ganzen Bogens. Denn so wenig sich auch die Zeichnung dagegen sträubt, und so wenig solche an einige Schwierigkeit erinnert, so bedeutend scheint mir doch dieser Umstand in der Anwendung. Die beiden auf einander fallenden elliptischen Flächen einer Schifftung müssen mit ihren zugehörigen Röhrenaxen nothwendig bestimmte Winkel machen, damit die Axen der zusammengeschifften 32

Röhren Seiten eines regulären Vielecks werden. Hat der Bogen 45°, so müssen jene Axen Seiten eines Vielecks von 8 . 32 = 256 Seiten werden; der Polygonwinkel wird also 178,586°; daß daher die Abweichung zweyer zusammenstossenden Röhrenaxen von der geraden Linie immer noch bedeutend ist. Der innere Durchmesser der äusseren 24″ langen Hülse müßte deshalb um 1,68 Linien grösser als der äussere Durchm. der Hülse, und der äussere Durchmesser der inneren 30″ langen Hülse um 2,2 Linien kleiner seyn, als der innere Durchmesser der zusammengeschiffteten Röhren, wofern man sich auf die größte Genauigkeit im Gusse verlassen dürfte, welches doch weder in Ansehung der Schifftungen noch in Ansehung der verschiedenen inneren und äusseren Durchmesser angenommen werden kann.

Aber dieses angenommen, so werden die zusammengeschiffteten Röhren sowohl von der inneren als von der äusseren Hülse eigentlich nur in 3 Punkten berührt.

Die hiermit sich ergebenden Spielräume, welche am Ende der Hülse rspee 1,68‴ und 2,2‴ (wenigstens) betragen, haben den Erfolg, daß die Hülsen der Niederbeugung der Schifftröhren in ihren Schifftungen durchaus keinen Widerstand entgegensetzen, weil jener Spielraum bey den inneren Hülsen abwärts, und bey den äusseren aufwärts liegt; die Hülsen sind also so gut als nicht vorhanden. Ausfüllung dieser Spielräume z. B. mit eisernen Keilen würde wenig helfen, weil bey den ewigen Erschütte-

rungen, welche die Bögen von den Fuhrwerken leiden, jene Ausfüllungen bald herabfallen würden. Es beruht also in Ansehung der Fugenschnitte, welche hier die Schiffungen bilden, alles Heil auf den Schraubenbolzen, welche die Gewalt nicht auszuhalten vermögen, welche sie von möglichen Belastungen auszuhalten haben. Daß übrigens die Wiebekingsche Konstruktion nur einfache Bögen, statt der Reichenbachischen doppelten fordert, weiß man schon aus obiger Beschreibung, auch daß bey der Wiebekingschen Brücke die Eisendicke der Röhrenwände um die Hälfte stärker seyn soll, als bey der Reichenbachischen, und daß der Brechungshalbmesser bey ersterer $\frac{9+1,5}{2}$ $= 5\frac{1}{4}$ Zoll, bey letzterer aber, für die unteren Bögen, $\frac{15+1}{2} = 8''$ ist, für die oberen $= \frac{9+1}{2} = 5''$.

§. 215.

Setzen wir aber auch die hier bemerkte Unvollkommenheit der Zusammenfügung, die wenigstens nach meinen Ansichten bey der Wiebekingschen Konstruktion eintritt, ganz bey Seite, und wollte auch Hr. v. Wiebeking gegen die Resultate der oben gedachten theoretischen Berechnungen Erinnerungen machen, so muß er doch eine analogische Anwendung jener statischen Gesetze auch auf seine Brücke gelten lassen, so daß die Resultate von der Anwendung jener Theorie auf beiderley Konstruktionen wenigstens

Verhältnißzahlen für ihre Tragkraft giebt. Eine solche Anwendung giebt aber für die Wiebekingsche Brücke ohngefähr nur $\frac{1}{11}$ und höchstens $\frac{1}{5}$ von der Tragkraft der Reichenbachischen, welches für die schwächste Stelle (nach §. 12.) etwas über 500 Zentner betrüge (nach Reichenbachischer Rechnungsweise etwa 1000 Zentner). *)

Für die gewöhnlichen Belastungen mögte nun diese Tragkraft immer noch hinlänglich seyn, aber der Forderung §. 13. thut sie nur zu $\frac{1}{10}$ (nach Hrn. v. R. zu $\frac{1}{5}$) Genüge. — Die Schwäche der Fügungen ganz bey Seite gesetzt.

Hr. v. W. findet a. a. O. S. 30., daß die Reichenbachische Brücke 2,7 mal so viel kostet, als die seinige. Die vorstehende Vergleichung ergiebt aber, daß mit den 2,7 fachen Kosten wenigstens 5 fache Festigkeit erlangt wird. Das Verhältniß der Wiebekingschen Brücke zur Reichenbachischen wäre also, in Bezug auf die Kosten, bey gleicher Tragkraft, beiläufig wie $1 : \frac{2,7}{5} = 50 : 27$.

§. 216.

Giebt man also bey den 306′ weiten Bögen den unte-

*) Hr. v. Wiebeking findet in seiner Schrift S. 37. u. f. nach einer ihm eigenen mir aber ganz unverständlichen Theorie das Tragvermögen seiner 306′ langen Brücke selbst bedeutend geringer, als ich es hier angegeben habe, ist aber dennoch damit sehr zufrieden.

unteren und oberen Bogenröhren der Reichenbachischen Brücke einen Brechungshalbmesser von 9″, bringt dabey geschmiedete Spannringe an, und setzt die Bögen im Widerlager auf dergleichen Stützplatten auf, wie man bey der Wiebekingschen Konstruktion sieht, und behält übrigens die ganze Reichenbachische Konstruktion bey, so erhält man eine eiserne Bogenbrücke, die nach meiner Ansicht für die Tragkraft und Dauer nichts mehr zu wünschen übrig läßt. Eine so gebaute Brücke hat etwa 10 mal so grosse Tragkraft als die zu 61520 fl. angeschlagene Wiebekingsche — die Gefahr wegen der Fugungen bey Seite gesetzt. An den Widerlagern wird durch jene Stützplatten bedeutend erspart, und noch mehr, wenn, wie immer geschehen sollte, die Widerlager nicht in horizontalen sondern in solchen Schichten aufgemauert werden, die gegen das Ufer wenigstens um 24° aufwärts steigen. Wenn nun auch wegen der vergrösserten Kosten der eisernen Röhren die Reichenbachische Brücke, bey welcher wegen der so abgeänderten Bauart der Widerlager an diesen wenigstens 10000 fl. erspart werden können, zu 175000 gerechnet würde, so wäre sie in Bezug auf Güte doch noch nicht $\frac{1}{3}$ so theuer als die Wiebekingsche.

§. 217.

Die Erinnerungen, welche der Ritter v. W. gegen die Reichenb. Konstruktion in seiner Schrift (S. 22.) macht, scheinen mir von keiner grossen Erheblichkeit; denn ad N. 1. sieht es fürs erste schlimm um eine Brücke aus, bey welcher das Gewicht der

Anstoßscheiben als Last für die Brücke berücksichtigt werden müßte; fürs andere sind alle Anstoßscheiben über sämmtliche Bögen gleichmässig vertheilt, werden also, wenn ihr Gewicht auch noch vielmal grösser wäre, hiermit für die Tragkraft ganz unschädlich; fürs dritte gebraucht er statt dieser Scheiben die doppelten Hülsen, die dazu nicht leisten was jene Scheiben leisten. Ad N. 2. können die Erschütterungen für die Muttern unschädlich gemacht werden, wenn sie mit hinlänglicher Gewalt angepreßt und dann das nächstanliegende äussere Gewinde mit einem Meisel aus seiner Form gebracht und gegen die Mutter angestemmt wird. Ad N. 3. ist es ganz unrichtig, daß Hr. v. R., empfohlen habe: „man „solle zwischen je zwo Scheiben anfänglich eine „Gipsmasse gießen, die sich nach der Ausrüstung „zusammenpressen würde." Denn derselbe sagt in seiner lehrreichen Schrift (S. 63.): „Da es un„möglich seyn wird, diese Anstoßscheiben so rein zu „gießen, daß sie sich vollkommen und in allen Punkten berühren, so wird doch nothwendig, eine dünne Schichte Kitt (welche aus ungelöschtem „Kalk, Leinöhl und gehacktem Hanf besteht, und durch vielfältiges Schlagen „und Beymischen von Kalk zu einem so „zähen Teig gearbeitet wird, daß man „nur durch Anstrengung mit dem Finger „durchdringen kann) dazwischen zu legen; „dieser eingelegte Kitt wird bey dem Anziehen „der Schrauben fast alle wieder herausgequetscht,

„ und es bleibt nur so viel davon zurück, um die „ ganz kleinen und unvermeidlichen Unebenheiten „ auszufüllen; und da er, wenn er trocknet, stein- „ hart wird, so ist auch die vollkommene Berührung „ der Anstoßscheiben hergestellt. “

Digitized by Google

Anhang.

Das am Ende der Vorrede, dort in der Nacherinnerung, erwähnte französische Werk ist:

Traité de la construction des ponts par M. Gauthey, Inspect. génér. des ponts et chaussées; Membre de la Légion d'honneur. Publié par M. Navier, Ingénieur ordinaire des ponts et chaussées. Tome I. 399 S. in gr. 4., mit XVI. Kupfertaf. Paris 1809. T. II. 396 S. mit XI. Kupfertaf. 1813.

In gedachter Nacherinnerung habe ich die Gründe bemerkt, warum ich diesen Nachtrag beyfüge. Er soll den Leser in den Stand setzen, den Gehalt des Gautheyschen Werks mit dem des meinigen vergleichen zu können; er soll ihm also hin und wieder auch zur Ergänzung des meinigen dienen. In dieser letzteren Hinsicht bin ich nicht nur vorzüglich aufmerksam auf Punkte gewesen, die ich in meiner Schrift unberührt gelassen hatte, sondern habe auch noch hin und wider Gelegenheit benutzt, noch eigene Bemerkungen zu machen und den Vortrag des Verfassers nach meinen Ansichten zu berichtigen.

Tome I. Livre Ier. Description historique des principaux ponts en pierre batis par les anciens et les modernes p. 9—172; zuerst kurze Einleit. worin der V. bemerkt, daß er sich in Bezug auf Beschreib. auswärtiger Brücken insbesondere des teutschen Werks von Schramm bedient habe. Chap. Ier. Des ponts étrangers. Sect. 1ère Anciens ponts d'Italie, p. 13—21, wo 18 Brücken und eine Wasserleitung erwähnt werden. Die Beschreibungen sind äußerst kurz, und werden durch beygefügte Zeichnungen erläutert. Die unter Sylla erbaute Aemiliusbrücke zu Rom über die Tiber ist die älteste, welche noch in ihrem ursprünglichen Bau aus dem Alterthum übrig ist. Sect. II. Ponts modernes d'Italie, p. 22—27, 18 Brücken und eine Wasserleitung. Bey der Marmorbrücke zu Florenz giebt der V. die Höhe des Schlußsteins zu beynahe 5′ an, und bemerkt, der Saum der beyden Stirnmauern sey in den Gewölbsteinen ausgehauen, und es herrsche in der Zusammensetzung eine solche Feinheit, daß in beträchtlichem Abstande von der Brücke ihre Dicke am Schlußsteine ganz verschwinde. Daher mag dann auch die unrichtige Angabe rühren, welche man bey Wiebek. von der Höhe des Schlußsteins findet, indem er solche in seinem Werk nur zu 2′ angiebt. Sect. III. Ponts d'Angleterre, p. 27—30, 8 Brücken.

Bey der Westminsterbrücke zu London wird das Verfahren bey Begründung der Pfeiler kurz beschrieben. Sie wurde von de la Belie (1738—1750)

erbaut. Zur Begründung der Pfeiler bediente er sich der Senkkästen. Der Boden wurde für die Lagerung eines jeden Senkkastens bis zur Tiefe von 6 Fuß unter der Oberfläche des niedrigsten Wassers abgeebnet, dann dieser Lagerungsplatz, durch eine Kunstramme mit einem etwa 13 Zentner schweren Rammklotze, mit Pfählen umgeben. Das Rammklotz wurde (begreiflich an einem größeren Hebelarm) durch drey Pferde erhoben, so daß es 18 bis 21 Fuß hoch herab fiel, und stündl. 70 Schläge machte. Die eingerammten Pfähle wurden 6′ tief unter dem niedrigsten Wasser mit einer Säge abgeschnitten. Der Kasten war von Tannen etwa 78′ lang, 30′ breit und 15½′ hoch. Einer von den Pfeilern setzte sich nach Aufführung der beyden anliegenden Bögen etwa um einen Fuß. Man unterstützte daher diese beyden Bögen mit einem Bogengerüste, nahm die Bögen weg und belastete die Pfeiler mit einem sehr bedeutenden Gewicht. Im nächstfolgenden Monate senkte er sich noch gegen 5 Zoll, dann aber nicht mehr merklich, daher man jetzt die Bögen wieder herstellte, en prenant, setzt der V. hinzu, seulement la précaution de dé'charger les reins par le moyen d'arcs appuyés sur les deux voûtes. Ohne Zweifel auf eine ähnliche Weise wie bey der Brücke von Pavia, nur daß auf beyden Seiten der Brückenbreite die ersten Steine, welche die ins Auge fallende äußere Mauerfläche bilden, beybehalten wurde, also der hohle Theil innerhalb dem Brückenkörper liegt und von außen unbemerkt bleibt. Wenigstens ist

jene Vorsichtsmaaßregel in der Zeichnung nicht zu finden. Es wird noch bemerkt, daß die von de la Belie in engl. Sprache bekannt gemachte Beschreibung der bey diesem Brückenbau beobachteten Verfahrungsarten von Montigny ins Französische übersetzt worden ist. Sect. IV. Ponts d'Allemagne, p. 31 — 35. Hier 9 Brücken [die von Dresden, von Prag, (unter den Ponts d'Allemagne), von Regensburg, von Zwettau bey Torgau, von Würzburg, von Kösen bey Naumburg, von Nossen in Sachsen und zwey Brücken von Nürnberg], unter welchen die Nürnberger Fleischbrücke von 1599 die merkwürdigste ist. Der Heidelberger Brücke wird weder hier noch in dem Wiebekingschen Werke gedacht. Sect. V. Ponts d'Espagne et de Portugal, p. 35 und 36. 4 Brükken und 2 Wasserleitungen. Sect. VI. Ponts de la Perse et de la Chine, p. 37 — 41. 6 Brükken.

Chap. II. Des ponts de France. Zuerst eine kurze geschichtliche Einleitung, p. 43 — 49. Sect. 1ere. Des ponts batis en France jusqu'à la fin du quinzieme siecle, p. 50 — 62. 17 Brücken. Sect. II. Des ponts construits dans les XVIe et XVIIe siecles, p. 63 — 74. 14 Brücken und 4 Wasserleitungen. Sect. III. Des ponts construits dans le XVIIIe siecle, p. 74 — 107. 53 Brücken. Sect. IV. Des ponts en construction en France. 6 Brücken. Es liefert also dieses Werk.

Chap. I.

Sect. I.	von Ital. (ältere) .	18	Brücken.
II.	— — (neuere) ..	18	—
III.	— englischen . . .	8	—
IV.	— teutschen . . .	9	—
V.	— span. u. portug.	4	—
VI.	— pers. u. chines. .	6	—

Chap. II.

Sect. I.	vor Ende d. XV. Jahrh.	17	—
II.	Im XVI. u. XVII. Jahrh.	14	—
III.	Im XVIII. Jahrh. .	53	—
IV.	Im Bau begriffene .	6	—
		153	Brücken,

von welchen allen auch auf den ersten acht Kupfertafeln die Zeichnungen mitgetheilt sind. Dieser Band erschien 1809; das Wiebekingsche Werk (von 1814.) enthält eine geringere Anzahl. Wir erinnern uns nicht, dieses Werk im Wiebekingschen genannt gefunden zu haben, am wenigsten in Bezug auf diese Brückenbeschreibungen.

Die Brücke de l'Hérault, von welcher Wiebek. die Höhe des Schlußsteins zu $\frac{1}{65,3}$ der Bogenweite angiebt, findet man hier so wenig, als eine Marmorbrücke von Florenz, von welcher Wiebek. dasselbe Verhältniß zu $\frac{1}{33}$ angiebt. Es findet sich nicht eine, bey welcher diese Verhältnißzahl nur $\frac{1}{30}$ wäre. Es folgt hierauf **Etat général des ponts construits en France, dont le débouché a plus de vingt metres de longueur.** Dieses Verzeichniß liefert auf 86 Seiten, wovon keine im

Durchschnitt genommen unter 30 Brücken enthält, wenigstens 2580 Brücken der erwähnten Art. **Livre second. Des principes généraux de l'établissement des ponts, de la manière de fixer les dimensions de leurs parties,** p. 173 — 177. Bey Erbauung der Brücken kommt es eigentlich darauf an, eine ihrem Zwecke entsprechende bequeme und sichere Straße über eine Vertiefung so wegzuführen, daß der bestimmte Zweck mit dem kleinstmöglichen Kostenaufwande (auch in Bezug auf Unterhaltung) erreicht und zugleich nachtheiligen Folgen möglichst vorgebeugt werde. Im Grunde ist auch hier auf 4 Quartseiten nichts weiter gesagt. Der französische Vortrag ist überhaupt wortreich.

Chap. prém. Sect. 1ère. De l'emplacement des ponts p. 179 — 180.

Die Brücken auf festen Boden zu begründen und an Stellen, die den beabsichtigten Kommunikationen am angemessensten sind. Schief gegen die Ufer gerichtete Brücken oder **schräglaufende Brücken** (des ponts biais) erhalten doch Pfeiler, die dem Strohmstriche parallel laufen.

Ch. I. Sect. II. Du débouché des ponts p. 181 — p. 198.

Man könne aus der besonderen Lage und Beschaffenheit der angränzenden Gegenden schon vieles abnehmen, um das Maaß des freien Durchganges unter der Brücke zu bestimmen. Hauptsächlich komme es aber darauf an, die mittlere Geschw. des Wassers bey angeschwelltem Strohme aus der Ge-

schw. an der Oberfläche zu bestimmen, weil jene mit dem Querschnitte des Strohms multiplicirt die abfliesende Wassermenge gebe, von welcher die Grösse des freien Durchganges abhänge. Dübüats Gleichung zwischen der Geschw. an der Oberfläche (V) und der mittleren (U) sey nicht brauchbar; Prony habe aber solche verbessert und die

$U = \frac{V \cdot (V + 2{,}37187)}{V + 3{,}15312}$ gefunden, welche mit

den von Dübüat angegebenen Beobachtungen sehr gut zusammenstimme und daneben so beschaffen sey, daß sie in keinem Falle ungereimte Resultate geben könne, wie die Dübüatsche. Weil nun von $V = o$ bis zu $V = 3$ Meter die Verhältnißzahl

$\frac{V + 2{,}37187}{V + 3{,}15312}$ sehr wenig von 0,82 abweiche, so könne man mit hinlänglicher Genauigkeit $U = 0{,}82 . V$ oder auch $U = \frac{4}{5} V$ setzen. Und nun setzt der V. hinzu: „Voilà tout ce que l'expérience et la théorie ont appris jusqu'à présent sur les moyens de „déduire la valeur de la vîtesse moyenne d'un cours „d'eau, de celle que l'on observe à la surface du „courant." Diese Anmaaßung französischer Hydrauliker darf Niemanden befremden, wenn man bedenkt, daß sie mit den Fortschritten der Hydraulik in Teutschland ganz unbekannt sind. Wer kann aber diesen Ausspruch ohne zu lächlen lesen, wenn man dabey an die Ströhme oder Flußbetten erinnert wird, bey welchen Dübüat seine Beobachtungen angestellt hat? Diese Strohmbette waren — bretterne

Kanälchen zu 17″ (sage 17 Zoll) breit, und 10″ (sage 10 Zoll) tief! Wieviel mehr, als der Verf. für das J. 1809 angiebt, schon im J. 1797 geleistet worden war, davon kann man sich aus Langsdorfs Lehrb. der Hydraulik S. 172 — 177 überzeugen. Der V. bemerkt zwar selbst, daß diese Formel auf bedeutende Flüsse nicht angewendet werden könne, weil sie nur aus Beobachtungen bey so kleinen Kanälen abgeleitet seyen, aber er bleibt doch bey der Meinung, daß man bis jezt (1809) noch nicht weiter gekommen sey. Uebrigens findet man der Werkzeuge, womit die Geschwindigkeit gemessen werden könnte, hier mit keiner Silbe erwähnt. Werde, sagt der V., der Abhang der Wasserfläche in einer Gegend gesucht, wo der Strohm zwischen steilen Ufern eingeschlossen sey, und sey dabey der Querschnitt des Strohms und der Abhang auf eine hinlänglich grosse Länge von unveränderlicher Grösse, so könne man aus dem Abhange I und dem mittleren Halbmesser R (welchen man erhält, wenn man die Fläche des Breitenprofils mit dem unterhalb der Wasserfläche liegenden Theil seines Umfanges dividirt) mit hinlänglicher Genauigkeit die mittlere Geschw. bestimmen, wenn man mit Prony

$$U = -0{,}07 + \sqrt{(0{,}005 + 3233 \,.\, R\,I)}$$

setze. Dieses ist aber sehr unrichtig, weil diese Formel überdas voraussetzt, daß auch die Gestalt des Querschnitts, folglich nicht blos seine Grösse sondern auch seine Breite und Tiefe ungeändert blei-

ben. Ueberdas ist ja auch bekannt, daß diese Bestimmung selbst unter den angegebenen Bedingungen, den Werth von U nur beiläufig angiebt, und daß man dabey um $\frac{1}{6}$ unsicher bleibt, also zur Sicherheit den so berechneten Werth um $\frac{1}{6}$ vergrössern müsse. Aber wo finden jene Bedingungen in der Ausübung statt? Noch sicherer ist die Bestimmung der mittleren Geschw. aus der an der Oberfläche, wo man dann statt des V. Gleichung $U = 0{,}82 \cdot V$ die $U = 0{,}93 \cdot V$ gebrauchen kann.

Der V. kommt nun auf die Bestimmung der Anschwellung, welche durch die Brückenpfeiler verursacht wird. Die Höhe der Aufstauung sey H, der Wasserquerschnitt vor Erbauung der Brücke $= W$, die Grösse sämmtlicher Oeffnungsflächen unter den Brückenbögen zusammengenommen $= w$, die mittlere Geschw. des Wassers (so drückt sich der V. aus) $= V$, die mittlere Geschw. welche das Wasser unter den Bögen nach Erbauung der Brücke annehmen wird, $= v$; die Länge der Pfeiler längs dem Strohme $= s$, der aliquote Theil der Länge des Strohms, welcher den Abhang der Strohmfläche vor Erbauung der Brücke ausdruckt (z. B. $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{300}$, $\frac{1}{100}$ der Länge) $= I$, $g = 4{,}9044$ alles in Bezug auf Meter; so setzt der V. $v = \frac{W}{w} \cdot V$, daß sich also V auf die mittlere Geschw. des Wassers vor der Erbauung der Brücke bezieht. Hiernach findet der V. in Bezug auf Dübuat, $H = \left(\frac{V^2}{4g} + I \cdot s\right)$.

$\left(m^2 \cdot \frac{W^2}{w^2} - 1\right)$, wo der Koefficient m, der allemal etwas grösser als 1 ist und für jetzt nach dem V. = 1,097 gesetzt werden kann, eine Vergrösserung bezeichnet, die wegen der Zusammenziehung des durchfliesenden Wassers in Rechnung kommen muß. Dieser Werth von m ist aber offenbar zu groß, man kann ihn, ohne Gefahr zu wenig zu rechnen, = 1,05 setzen. Aber noch andere augenscheinliche Verirrungen machen des V. ganzen Kalkul unbrauchbar. 1.) Nach Chezy und Dúbúat verhält sich unter sonst gleichen Umständen der Abhang der Oberfläche wie die der Geschw. zugehörige Höhe; wie sehr ist aber der zwischen zwey Pfeilern gebildete Kanal von der Form des ganzen Flußbettes verschieden? Man sehe doch, wie die vom V. selbst gebrauchte Pronysche Formel für U bey einerley Werthe von I vom Werthe des mittleren Halbmessers R abhängt, welcher für den Kanal zwischen zwey Pfeilern ganz anders ausfällt als für den ganzen Strohm. 2.) Die Formeln von Chezy, Dúbúat und Prony bestimmen keineswegs die mit einem bestimmten Abhange der Strohmfläche verbundene Geschw. am Anfange des Strohms, sondern diejenige Geschwindigkeit, bey welcher das mit einem solchen Abhange fortfliesende Wasser endlich in den Beharrungsstand tritt und dann in einem prismat. Kanale mit gleichförmiger Bewegung seinen Lauf weiter fortsetzt. Die so erlangte Geschw. mit eingetretener gleichförmiger Bewegung ist dann unter sonst gleichen Umständen

der Quadratwurzel aus dem Abhange der Wasserfläche proportional. Der kurze Weg zwischen den Pfeilern gestattet aber hier keineswegs die Anwendung auf schon eingetretene gleichförmige Bewegung, zumal da das Wasser unterhalb den Pfeilern nicht mit der erlangten Geschw. weiter fortfließt Bey so grossen Beschränkungen fällt die Unanwendbarkeit des ganzen hier vom V. mitgetheilten Kalkuls sogleich ins Auge.

In Bezug auf die Anwendung der Formel für H setzt der V. noch hinzu: „Il suffira de mettre à la place de V, sa valeur $m.\frac{w}{W}.v$, et de donner en suite à v celle que l'on aura fixée d'avance, d'après les principes que nous avons posés ci-dessus, pour la vîtesse que les eaux doivent prendre sous le pont" Die oben angegebenen principes sind aber im Allgemeinen, so schwankend und so wenig belehrend, daß der, welcher sie zu befolgen versteht, gewiß des V. allgemeiner Erinnerungen nicht bedarf. Außerdem muß ich gestehen, daß ich durchaus die Forderung nicht verstehe, zuerst v jenen Grundsätzen gemäß festzusetzen, und dann $V = m . \frac{w}{W} . v$ zu nehmen. Man sollte also die mittlere Geschwindigkeit, die das Wasser vor Erbauung der Brücke wirklich hat, aus derjenigen ableiten, welche wir dem Wasser nach Erbauung der Brücke unter den Bögen zu geben gut finden? Vielmehr haben wir $w = \frac{W \; v}{m \; . \; v'}$, wo dann v allemal $> V$ seyn muß, und allerdings

von uns vorgeschrieben werden kann. Da es aber beynahe allgemeine Regel ist, w so groß zu nehmen, als es nur immer Rücksichten auf die Festigkeit gestatten, um die Anzahl der Pfeiler nach Möglichkeit einzuschränken, so kann man umgekehrt v aus dem festgesetzten Werthe von w bestimmen, nämlich $v = \frac{W\,v}{m\,w}$. Wäre die Höhe des Querschnitts $W = h$, die Breite $= b$, also $W = b \cdot h$, so könnte man auch noch fragen, was man für w zu setzen hätte? Für die Ausübung würde man $w = b\,(h + \frac{1}{3}H)$ setzen dürfen. Diese Substitution im Werthe von H gäbe für H eine unreine quadratische Gleichung aus der sich erst der Werth von H ergäbe, dessen Bestimmung der V. durch die obige Gleichung schon vollendet zu haben glaubte. Inzwischen kann auch hierzu jene Gleichung nicht gebraucht werden, weil sie auf so unrichtigen Gründen beruht. Hätte der V. seine Formel auf ein Beyspiel in Zahlen angewendet, so würde er auch in dieser Anwendung die offenbare Unrichtigkeit seiner Formel erkannt haben. Wir wollen z. B. einem Flusse auf eine Pfeilerlänge von 30′ für die Oberfläche einen Abhang von 2″ beylegen, die natürliche Oberfläche vor dem Brückenbau verstanden. Dieser Abhang ist für einen auch nicht beträchtlichen Fluß schon sehr bedeutend. Nach dem V. würde eine Aufstauung vor der Brücke von 6″, welche also 8″ Abhang gäbe, schon die doppelte Geschwindigkeit geben. Drey Brückenpfeiler gäben 4 Durchgänge; wenn also die Pfeilerdicke auch den

Bogen-

Bogenweiten gleich gemacht würden, so würde doch das Wasser durch die Brücke kaum um 6 Zolle aufgestaut werden! Bey nur halb regelmäßigen Brückenanlagen wäre es dann lächerlich, nur einige Rücksicht auf mögliche Aufstauung zu nehmen. Aber man vergleiche hiermit Erfolge von Bauten des Ritters v. Wiebeking. Eine höchstwichtige Frage ist nun hierbey, wie weit sich die Stauung strohmaufwärts fortpflanzen werde? Ich dürfte sagen, es ist hierbey eigentlich nur auf die Beantwortung dieser Frage abgesehen, weil davon die Möglichkeit und Grösse möglicher Ueberschwemmungen abhängt, die etwa durch die Brückenanlage verursacht werden könnten. Aber mit der Beantwortung dieser allerdings sehr schwierigen Frage hat sich der V. gar nicht befaßt. Es ist daher von S. 180 bis S. 198 als der letzten Seite dieses Abschnitts eigentlich gar nichts enthalten.

III. Abschn. **De la force des Arches.** p. 199 — 201. Der V. betrachtet hier nur solche Gewölbbögen, deren Krümmung einen oder eine bestimmte Anzahl von Mittelpunkten hat, die also entweder nach einem Halbkreise oder einem beliebigen Theile eines Kreises gekrümmt oder auch aus mehreren Bogenstücken verschiedener Halbmesser zusammengesetzt sind (les arches en plein cintre, en arc de cercle und en anse de panier, Korbbögen). Zum Beschlusse wird nur noch erinnert, daß auch die arabischen und gothischen Gewölbe bemerkt zu werden verdienen. Nähere Bestimmungen über die Natur,

Verzeichnung und Wahl dieſer verſchiedenen Bögen kommen hier nicht vor. IV. Abſchn. **De la grandeur des Arches.** p. 202 und 203. Man brauche bald weitere bald engere, bald höhere bald niedrigere Bögen — ohne genauere Beſtimmungen. V. Abſch. **De la largeur des ponts.** p. 204. Nach den verſchiedenen Beſtimmungen der Brücken giebt ihnen der V. 4 — 5, 6 — 7, 9 — 10 und 10 — 20 Meter zur Breite.

Note prémière. Sur quelques methodes d'interpolation. p. 205 — 223. Dieſe ſehr nützliche Lehren ſind hier fremd, und ſind als bloſe Lehnſätze aus der Analyſis zu betrachten. **Note II. Sur la manière de parvenir à l'équation qui établit une relation entre la pente, la section et la vîtesse d'un courant d'eau.** p. 224 — 241. Hier zeigt der V. auf welchen Wegen Chezy, Dúbúat, Girard und Prony zu ihren Formeln gelangt ſind. Daß Dúbúat ſeine Formel durch Künſteleyen herausgedrechſelt und ſie dadurch in eine ſehr unbequeme transſcendentiſche Form gezwängt hat (ohne durch natürlichen Gang der Rechnung dahin geführt zu werden), und daß Prony um zu Reſultaten zu gelangen, welche ſich auf einem höchſt einfachen Wege mit derſelben Genauigkeit finden laſſen, einen ſehr höckerichten Weg eingeſchlagen hat, davon ſagt der V. nichts; auch hat er hier ſo wenig als oben ins beſondere auf die Bedingungen aufmerkſam gemacht, auf welchen die Anwendung aller dieſer Formeln beruht.

Zuletzt theilt der V. noch spätere Beobachtungen über Verhältnisse der mittlern Geschw. zu der an der Oberfläche mit, die aber durchaus keiner Anwendung fähig sind. Es ist also (denn das Verzeichniß von Brücken und die dabey angegebenen Abmessungen wird doch nicht für Unterricht in der Brückenbaukunde gelten sollen) bis zu p. 241 noch kein Anfang einer Anleitung zur Brückenbaukunde gemacht worden. **Note III. Sur la valeur du coëfficient m** (s. die obige Formel) **dans le calcul du débouché des ponts** p. 242 und 243. Der V. nimmt hier nach Dúbúat m = 1,097 d. h. er nimmt an, daß wegen der Zusammenziehung nur $\frac{1000}{1097}$ oder 0,911 von der Breite des wirklichen Durchganges in Rechnung kommen dürfen. Daß aber diese Verminderung zu groß ist, habe ich oben schon bemerkt; sie hängt überhaupt von der Gestalt der Vorköpfe oder Schutzpfeiler und vom Verhältnisse der Pfeilerdicke zur Breite des Durchganges zwischen 2 Pfeilern ab. In Bezug auf die Anschwellungen vor der Brücke, welche nämlich durch die Brückenpfeiler verursacht werden, bringt der V. zwey Beobachtungen von Dúbúat bey. Bey der einen stimmt das Resultat der Rechnung mit dem der Beobachtung sehr genau zusammen; die Rechnung giebt nämlich bey einem Strohm zu 17″ breit und etwa 5 $\frac{1}{2}$″ tief nach Einsetzung dreyer Pfeiler, die ziemlich genau die Hälfte der Breite wegnehmen, die Aufstauung = 0,020 Meter, und die Beobachtung gab solche an den Vorköpfen = 0,021 Meter.

Die Geschw. des Wassers war vor Einsetzung der Pfeiler sehr nahe 0,32 Meter oder beiläufig 11,5″. Bey 3′ Geschw. würde die Aufstauung nach derselben Berechnung noch nicht 0,17 Meter oder etwa 6″ geben. Nun muß man bedenken, daß die obige Formel für H auch bey einem Strohme, welcher in jeder Sek. 3000 K. F. abführt, bey 3′ Geschw. ganz denselben Werth giebt; man findet also auch bey diesem, wenn die Brückenpfeiler die halbe Breite des Flusses wegnehmen, die dadurch verursachte Aufstauung nur = 6″. Würde wohl irgend ein Praktiker auf eine solche Berechnung bauen? Die höchste Aufstauung d. h. der größte Unterschied zwischen der Wassertiefe vor Einsetzung der Pfeiler und der Wassertiefe nach Einsetzung derselben befindet sich keineswegs an den Vorköpfen, sondern allemal noch in einiger Entfernung von denselben strohmaufwärts, wo Dúbúat die Aufstauung nicht gemessen hat. Ueberdas ist es aber auch gegen alle Gesetze der Bewegung, daß vor Herstellung der gleichförmigen Bewegung also während der Beschleunigungszeit z. B. eine 6 Fuß hohe Wassermasse bey demselben Abhange eben so beschleunigt werden solle, als eine 6″ hohe, da in beiden Fällen gleiche Stauung also gleiche bewegende Kraft vorhanden ist, eben diese bewegende Kraft aber im erstern Falle in eine 12 mal so grosse Masse wirkt, als im letzteren. Man muß überdas erwägen, daß durch die eingesetzten Pfeiler das untere Wasser unterhalb den Pfeilern von dem oberhalb demselben abgeschnitten und

eben darum verzögert und zur Aufstauung genöthigt wird, um vermöge dieser Aufstauung allmälig weiter abwärts wieder ganz in denselben Zustand zu treten, in dem es sich vor Einsetzung der Pfeiler befand. Endlich müssen wir noch anmerken, daß der zur Erklärung der Tafel p. 243 beigefügte Text ganz unverständlich ist, indem der V. von den hauteurs à l'avant-bec zuerst sagt: elles ont été données immédiatement par l'observation; dann heißt es: „les „nombres de la troisième colonne ont été calculés par „la formule de M. Dubuat pour le mouvement des „eaux courantes." Es ist aber die dritte Kolonne eben die, welche mit Hauteurs à l'avant-bec überschrieben ist. Wenn nun die hier angegebene Weise die Rückstauung zu bestimmen nicht angenommen werden kann, und Praktiker durch solche sehr irre geleitet werden können; da es überdas die Kräfte der Hydraulik übersteigt, durch blos theoretische Betrachtungen hier zu einer etwas genauen Bestimmung zu gelangen, in solchen Fällen der Ausübung aber auch nicht sowohl genaue als höchst sichere Bestimmungen nöthig sind, so ist man genöthigt, einen ganz andern Weg einzuschlagen, der uns für die Sicherheit hinlängliche Bürgschaft leistet, und für die Mannigfaltigkeit eintretender Umstände immer dieselbe Sicherheit gewährt.

Chapitre II. De la description des arches des ponts. Sect. 1re. Des arches en plein cintre p. 245. Nur die Bemerkung, daß ihre Konstruktion durch die Weite der Oeffnung bestimmt sey. *Sect. II.* Des

arches en anse de panier (von den Korbbögen) p. 246 — 254. Hier nur von geom. Konstruktionen. Zuerst Verzeichnung für zweierley Halbmesser, aber nur für einen bestimmten Fall; dann für eine gröfsere Anzahl von Mittelpunkten. Was er noch von paraboliſcher Wölbung sagt, wird von ihm selbst verworfen. **Sect. III.** ***Des arches en arc de cercle*** p. 255. (Gewölbbögen nach einem Kreisabschnitt). Hiervon und von der Beschränktheit ihres Gebrauchs nur wenige Zeilen.

Chap. III. **De l'épaisseur qu'on doit donner aux voûtes des ponts.** p. 257 — 266. Das Resultat der verschiedenen Bemerkungen bleibt doch am Ende auch hier nur dieses, daß man gut gebaute Brücken beobachten müsse; es versteht sich solche, welche bey schwächeren Abmessungen sich durch die Haltbarkeit hinlänglich erprobt haben. Die vom V. erwähnten 5 Beispiele stimmen ziemlich genau darin zusammen, daß

$$\frac{\delta}{b} : \frac{\Delta}{B} = \sqrt{\frac{\text{Sin. halben Bogens von b}}{\text{Sinv. halben Bogens von b}}} : \sqrt{\frac{\text{Sin. halben Bogens von B}}{\text{Sinv. halben Bogens von B}}}$$

sey. Dabey ist δ die Gewölbdicke bey der Bogenweite b, Δ die Gewölbdicke bey der Bogenweite B. Bezeichnen wir die zu δ gehörige Bogenhöhe mit k, die zu Δ gehörige mit H, so hat man auch

$$\frac{\delta}{b} : \frac{\Delta}{B} = \sqrt{\frac{h}{k}} : \sqrt{\frac{B}{H}}$$

also

$$\frac{\delta}{b} = \frac{\Delta}{B} \cdot \sqrt{\frac{b\,H}{B\,k}}$$

Z. B. Für die Brücke zu Neuilly ist $\Delta = 5'$, $B = 120'$, $H = 30'$; für eine andere Brücke sey nun $b = 60'$, $k = 15'$, so wird hiernach

$$\frac{\delta}{60} = \frac{5}{120} \cdot \sqrt{\frac{60 \cdot 30}{120 \cdot 15}} = \frac{5}{120}$$

und

$$\delta = 2{,}5'$$

(Meine Formel giebt für dieses Beispiel $\frac{5}{6} + \frac{75}{36} = 2{,}91'$, also $\frac{1}{6}$ mehr, welches die Sicherheit meiner Formel bestättigt.) Uebrigens muß ich bemerken, daß man hier die Abmessungen von Korbbögen unter einander verglichen hat. Legt man die zum Muster dienende Brücke von Neuilly zum Grunde, so erhält man

$$\delta = \frac{5}{120} \cdot b \cdot \sqrt{\frac{b \cdot 30}{120 \cdot k}}$$

oder

$$\delta = \frac{1}{48} \cdot b \cdot \sqrt{\frac{b}{k}} \quad (\text{h})$$

Für einen Halbkreis wird $\frac{b}{k} = 2$, also $\delta = \frac{1{,}41}{48} \cdot 2\,r$, wenn r den Halbm. bezeichnet, oder $\delta = \frac{1{,}41}{24} \cdot r$. Für $r = 18'$ wird hiernach $\delta = \frac{3}{4} \cdot 1{,}41 = 1{,}06'$. Meine Formel giebt $\delta = 1{,}1'$ welches nur um $0{,}04'$ oder kaum $\frac{1}{2}''$ mehr ist.

Man kann aber hier die Formel (H) beibehalten, weil sie auf die beiden wesentlichen Bestimmungsstücke b und k Rücksicht nimmt. Bey ungeändertem Verhältnisse b : k verhält sich δ schlechthin wie b; aber bey einem abgeänderten Werthe von $\frac{b}{k}$ kann auch bey demselben Werthe von b der vorige Werth von δ nicht beibehalten werden.

Bey der Brücke zu Neuilly ist $\delta = \frac{1}{24} \cdot b$; nämlich $\delta = \frac{1}{48} \cdot b \cdot \sqrt{\frac{b}{k}}$, wo $\frac{b}{k} = 4$ ist; es wäre aber darum nicht gestattet, allgemein $\delta = \frac{1}{24} b$ zu nehmen. Wäre z. B. $\frac{b}{k} = 9$, so hätte man $\delta = \frac{3}{48} \cdot b = \frac{1}{16} \cdot b$. Für $\frac{b}{k} = 10$ und $b = 40$ (wie bey der Brücke von Valenze über den Quadalquivir) findet man $\delta = \frac{1}{48} \cdot 40 \sqrt{10} = \frac{126,4}{48} = 2,63'$. Will man in Bezug auf diese wichtige Erfahrung, wo die wirkliche Höhe des Schlußsteins 3′ beträgt, noch 0,37′ zusetzen, so wird

$$\delta = 0,37' + \frac{1}{48} b \sqrt{\frac{b}{k}}$$

Diese Gleichung ist um so viel genügender, weil sie uns auch für engere Bögen befriedigende Werthe für δ giebt z. B. für $b = 8'$ erhält man bey einem Halbkreise $\delta = 0,37' + \frac{11,25}{48} = 0,6'$

Für die Brücke von Hérault unweit Nizza ist $b = 98'$, $k = 14'$; die Formel giebt

$$\delta = \frac{1}{48} \cdot 98 \cdot \sqrt{\frac{98}{14}} = 5{,}39$$

Bey der Marmorbrücke zu Florenz ist $b = 130'$, $k = 28$; die Formel giebt $\delta = \frac{1}{48} \cdot 130 \cdot \sqrt{\frac{130}{28}} = 6{,}06'$. Wiebeking giebt für diese beide Brücken die Höhe des Schlußsteins nur zu $\frac{1}{65}$ der Bogenweite an; aber nach dem V. ist sie bey der Brücke von Florenz beinahe $5'$, und für die Brücke von Herault hat er sie gar nicht angegeben.

Wirklich vorhandene Brücken berechtigen uns freilich zunächst eigentlich nur zu dem Schlusse, daß bey solchen der Widerstand grösser sey als die brechende Kraft; aber der lange Bestand so vieler Brücken von ganz verschiedenem Bau und Materialien, bey welchen die Höhe des Schlußsteins kleiner als $\delta = 0{,}37' + \frac{1}{48} \cdot b \sqrt{\frac{b}{k}}$ ist, verbürgt uns hinlänglich die Brauchbarkeit und Sicherheit dieser Formel.

Note. Sur la manière d'evaluer de la résistance de la pierre. p. 267 — 298. Der V. beschreibt hier eine zu diesem Zwecke dienliche Maschine, welche Rondelet angegeben hat. Da der Druck auf den zu untersuchenden Stein durch eine Schraube bewirkt wird, so läßt sich die Pressung allemal bis zum Springen oder Zerbrechen des Steins leicht vergrös-

fern; und weil die Schraubenspindel durch ein Gewicht gedreht, und der hiermit bewirkte lothrechte Druck gleichfalls durch ein Gewicht angegeben wird, so erhält man die Grösse des lothrechten Drucks auf den untergelegten Stein mit der größten Genauigkeit. Die Maschine ist eben so sinnreich als einfach. Der V. macht auf die Schwierigkeiten aufmerksam, die der Anwendung der durch solche Versuche gefundenen Resultate auf wirkliche Bauten im Wege stehen, und sagt von der Brücke zu Neuilly, daß sie auch in dieser Hinsicht ein sehr kühnes Werk sey. Inzwischen ist die Festigkeit der Steine bey dieser Brücke so groß, daß nichts dabey zu fürchten blieb. Die Festigkeit von Steinen einerley Art, aus einerley Steinbruch, schließt er aus angestellten Versuchen, verhalte sich wie die dritte Potenz des spec. Gewichts. Solchen Versuchen zufolge nehme auch die Festigkeit in grösserem Verhältnisse zu, als die Grundfläche; doch sey es sicherer die Festigkeit für eine bestimmte Grundfläche dabey als unveränderlich zum Grunde zu legen. Es hätte aber zugleich bedungen werden müssen, daß bey wirklichen Bauten wenigstens keine kleinere als die nach wirklichen Versuchen zum Grunde gelegten vorkommen dürften. Bey gleich grossen Grundflächen zeigen sich die Steine desto fester, je kleiner der Umfang der Grundfläche sey; beiläufig verhalte sich dann die Festigkeit umgekehrt wie der Umfang. Man kann also, den vorigen Satz beibehalten, allgemeiner sagen: die Festigkeit verhält sich beiläufig wie die Grösse der Grund-

fläche mit ihrem Umfang dividirt (vorausgesetzt, daß die Grundflächen der Form nach wenig von einander verschieden sind). Vom Widerstande der Steine, wenn solche am einen Ende fest eingespannt und in horizontaler Lage am andern frey liegenden Ende mit einer Last beschwert werden, hat man noch keine hinlänglich belehrende Versuche, die aber auch für die Anwendungen beim Brückenbau entbehrlich sind. Jetzt folgen Resultate von Versuchen, welche mit 180 verschiedenen Steinmassen angestellt worden sind, mit Beifügung der specif. Gewichte. Von jeder Masse hatte man einen Würfel, dessen Grundfläche ein Quadrat war, wovon jede Seite 0,05 Meter (beiläufig 1,8 Par. Zoll) betrug. Der Druck, den sie kaum noch auszuhalten vermogten, betrug bey den allermeisten über 3000 Kilogrammen (zu beiläufig 2 $\frac{1}{7}$ Pf. Berl.) also über 6400 Pf. Die größte Festigkeit hatte ein weißer Sandstein; der Druck betrug bey diesem 23086 Kilogrammen, beiläufig 49000 Pf., bey einer Grundfläche von 3 $\frac{1}{4}$ Q. Zoll. Bey einer Grundfläche von 1 Q. F. (und 1,8 Zoll Höhe) würde also ein solcher Stein etwa bis zu 44 . 49000 = 2156000 Pf. beschwert werden können. Nehmen wir einen Steinwürfel von 1 Kub. Fuß zu 170 Pf. schwer an, so würde er hiernach eine solche Steinsäule, zu 1 Q. F. dick, bis zur Höhe von etwa 12600 Fuß hoch tragen können. Es versteht sich, da solches nur vom Gleichgewicht gilt, daß in der Anwendung vielmal weniger (etwa nur $\frac{1}{10}$) gerechnet werden müßte.

Uebrigens hat diese sehr mühsam verfertigte Tafel für teutsche Baumeister sehr wenig, eigentlich gar keinen Nutzen, indem auch die beigefügten Bemerkungen in Bezug auf die Lage und Beschaffenheit dieser Steine durchaus keine Belehrung geben, und hinlänglich beweisen, daß der V. kein Mineralog war. Nur so viel erhellet, daß es uns nicht leicht an Bausteinen fehlen kann, für die wir über der Grundfläche von 1 Q. F. nicht mit größter Sicherheit in der Ausübung eine 180′ hohe Steinsäule zu 1 Q. F. dick als Druck anbringen könnten.

Eine zweyte Tafel, welche 18 Versuche enthält wird durch die genauere Bestimmung der Steinarten nützlicher. Für einen Steinwürfel von 5 Centimeter, wie vorhin, fand man

		Kilogr.
für Basalt von Auvergne	Festigkeit =	51945
— Porphyr ebendaher	— — =	50021
— den schwächsten Granit	— — =	10581
— — stärksten	— — — — =	22004
— schwarzer Marmor aus Flandern	— — =	19719
— weißer geäderter	— — =	6493

Eine dritte Tafel giebt die Festigkeit von Steinen derselben Art aus einerley Steinbruche nur aus verschiedenen Lagern mit ihren verschiedenen specif. Gewichten. Eine vierte enthält die Resultate von Versuchen mit Würfeln von verschiedenen Grundflächen, nämlich zu 9; 16; 25 und 36 Quadrat = Centi-

metern. Man fand z. B. für eine Steinart die Festigkeitszahlen in Kilometern zu 2423; 4263; 6650 und 9775; für eine andere zu 495; 874; 1387 und 2023 u. s. f. genau genug dem kub. Inhalt proportional. Eine fünfte Tafel giebt für die Festigkeit bey einer Grundfläche von 15 Quadrat-Centimetern

Da die Grundfläche ein Kreis war 917 Kilogr.

Quadrat — 866 —

gleichseit. △ — 789 —

Eine sechste Tafel enthält Versuche mit auf einander gesetzten Würfeln, deren Seite 5 Centimeter betrug. Z. B.

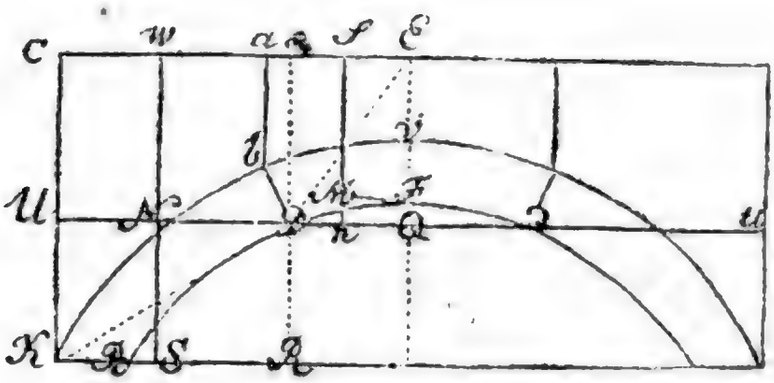
Ein Würfel trug . . . . . 8851 Kilogr.

Zwey über einander . . . . . 5411 —

Drey über einander . . . . . 4780 —

Chap. IV. De l'épaisseur qu'on doit donner aux culées des ponts. p. 299 — 344. Zuerst von den vielfachen Bemühungen um die hierher gehörige Theorie bis p. 306. Dann *Sect. Ière. Théorie des voûtes et observations sur lesquelles elle est fondée.* p. 307 — 321. Der V. betrachtet die Art, wie Gewölbe einstürzen können auf eine eigene Weise, der aber ich wenigstens den Beifall nicht versagen kann. Nur hätte er sich mit grösserer Deutlichkeit weit kürzer ausdrücken können. Wir wollen seine

ganze Theorie hier, nur anders deducirt vollständig mittheilen:



b D sey im Bogen die Stelle der größten Schwäche, wo wir dann annehmen, das Bogenstück v b D F liege ohne weiteren Zusammenhang am unteren B b in b D an; ∂ M n̂ sey die lothrechte Schwerpunktslinie des oberen Bogenstücks, w N S die des unteren; das Gewicht der Masse a b D F E sey = P, so strebt diese Masse sich um D zur Rechten abwärts zu drehen, und das Umdreh. Moment ist = D n . P. Der lothrechte Druck P auf die Stelle E reducirt heiße p, so ist $p = \frac{D\,n}{D\,Q} . P = \frac{D\,M}{D\,E} . P = \frac{F\,Q}{E\,Q} . P$.

Das Umdreh. Moment der Kraft p um die Stelle D ist $= D\,Q . p = \frac{D\,Q . F\,Q}{E\,Q} . P$. Eine dieser Umdrehung in der Richtung E e entgegengesetzte Kraft sey = K, so ist in Bezug auf die Stelle D das Umdreh. Mom. von $K = D\,e . K = E\,Q . K$; also, für das Gleichgewicht der Masse D a E F, $E\,Q . K = \frac{D\,Q . F\,Q}{E\,Q} . P$, und

$$K = \frac{DQ \cdot FQ}{EQ \cdot EQ} \cdot P \quad (\odot)$$

Indem sich aber die Masse a b D Q E um D zu drehen strebt, wird die Stelle D nach D U gedruckt, so daß die Masse a c K B D um K gedreht wird, wenn sie dieser Umdrehung nicht hinlänglich widersteht. Das Mom. der Kraft K in Bezug auf die Stelle K ist $K \cdot UK = \frac{DQ \cdot FQ}{EQ \cdot EQ} \cdot P \cdot UK$.

Auch wirkt P am Hebelarm K R in der Richtung D R mit dem Mom. P . K R. Das Gewicht der Masse a c K B D sey = Z, so wirkt solches nach N S mit dem Mom. Z . K S. Soll nun auch bey K keine Umdrehung erfolgen, so muß $\frac{DQ \cdot FQ}{EQ \cdot EQ} \cdot P \cdot UK = P \cdot KR + Z \cdot KS$ seyn. Dabey sind M und N die Stellen, worin die Schwerpunktslinien m n und w S von den geraden K D und D E geschnitten werden.

Die Stelle D der größten Schwäche ergiebt sich aus der Natur der Sache. Es ist nämlich diejenige Stelle, für welche $\frac{\frac{DQ \cdot FQ}{EQ \cdot EQ} \cdot P \cdot UK}{P \cdot KR + Z \cdot KS}$ ein Maximum ist.

Hat man nun (durch Proberechnungen) die Stelle D gefunden, so wird uns die Gleichung $(\odot)$ noch in anderer Rücksicht sehr wichtig. Weil sie nämlich den Druck in E F bestimmt, so dient sie uns, die erforderliche Festigkeit der Gewölbsteine zu be-

stimmen. Dabey ist es aber nöthig, den Druck K so anzusehen, als ob er ganz auf die Seitenfläche des im Scheitel liegenden Schlußsteins fiele, weil die Bedeckung mit dem Pflaster so gut als nichts davon leidet. Die zufällige Belastung von E bis a (von Menschen, Thieren, Lastwägen u. d. gl.) ingleichem das Gewicht des Geländers muß noch mit zu P gerechnet werden. Der Druck, welchen der Schlußstein nach angestellten Versuchen auszuhalten vermag, muß zur Sicherheit in der Ausübung = 10 . K seyn.

Sect. II. Application de la Théorie à la determination de l'épaisseur des culées. p. 322 — 331. Hier soll der Gebrauch der vorhin gefundenen Gleichung gelehrt werden, um K B zu finden. Diese Anwendung ist aber äusserst verwickelt. Es muß nämlich D so bestimmt werden, daß

$$\frac{FQ.DQ}{EQ^2}.P.KU$$

$$\overline{P.KR + v.KS}$$ ein Maximum werde.

Aber diese Stelle (D) so zu bestimmen, daß dadurch der vorstehende Ausdruck wirklich ein Max. werde, hat bey einer auch völlig ausgeführten Zeichnung schon seine sehr grosse Schwierigkeit. Dann kommt es aber noch darauf an, bey gegebener äusserer Weite K k die Breite B K so zu bestimmen, daß man wegen Hinlänglichkeit der Pfeilerdicke völlig gesichert sey. Ueberdas wird Zerstöhrung des Brückenbogens auch dadurch möglich, daß die Pfeilersteine horizontal weichen, es muß also auch diesem

ſem Erfolg vorgebeugt werden. Der V. geſteht ſelbſt die unendliche Verwickelungen ein, in die man bey jeder ſolchen Anwendung auf einen beſtimmten Fall geführt wird. Daher folgt jetzt *Note Ire. Sur la manière de calculer l'épaisseur des culées et la position des points de rupture dans les voûtes.* p. 332 — 338. Aber man wird ſich am Ende überzeugt finden, daß ein ſolches Verfahren nie von Praktikern angenommen werden wird, weil es auf Weitläuftigkeiten ohne Ende führt, und ſo viele erbaute Brücken uns hinlängliche Belehrung in Bezug auf ſichere Dicke der Pfeiler gewähren. Wir müſſen aber noch hierbey bemerken, daß die Feſtigkeit nicht geſtattet, daß für irgend eine Stelle D der obige Ausdruck = 1 werde, er muß wenigſtens = 5 werden.

Der Druck nach D Q in E F kann nie ſchädlich werden, weil er durch den entgegengeſetzten nach d Q aufgehoben wird; es muß alſo nur dafür geſorgt werden, daß wegen der Wirkungen nach außen, nach D U und d u, nichts zu fürchten bleibt. Je gröſſer aber jener Quotient wird, deſto weniger iſt zu fürchten. D iſt alſo eigentlich kein Brechungspunkt (point de rupture) wie ihn die Franzoſen nennen, ſondern der Punkt der größten Schwäche, man könnte ihn auch den virtuellen Brechungspunkt nennen. Dieſer kann nie weit von der Stelle liegen, für welche die Bogenlänge F D = C B iſt. Und da hier ſcharfe Beſtimmungen ohnehin wegfallen, ſo kann man einen Brückenbogen verzeichnen, auf der inneren Bogenlinie die Stelle D

so nehmen, daß beiläufig F D = C B wird, und nunmehr den obigen Quotient berechnen. Dann kann man F D z. B. = 0,8 . C B und so auch F D = 1,2 . C B nehmen, und für diese beiden Werthe gleichfalls den obigen Quotient berechnen. Ist der kleinste dieser 3 Quotienten < 5, z. B. nur = 3, so nehme man statt der anfänglichen Breite K B (wie man sie in der Zeichnung angenommen hatte) jetzt K B . $\sqrt{\frac{5}{3}}$. Ist aber jener Quotient > 5, z. B. = 8, so nehme man statt K B jetzt K B . $\sqrt{\frac{5}{8}}$. Der V. fordert (p. 322) einen Werth von K B, qui rende la valeur de μ . K R + v . K S *un peu plus grande* que P . $\frac{F Q . D Q}{E Q^2}$. K U, afin que la voûte ait la stabilité convenable, d. h. er verlangt nur, daß jener Quotient wenig > 1 seyn soll. Darin hat er sich aber offenbar geirrt; denn es sähe schlimm um die Haltbarkeit einer Brücke aus, wenn ihr Bestand (stabilité) auf das Gleichgewicht der dabey einander entgegenwirkenden Kräfte gegründet wäre, wie die ruhige Lage eines Wagbalkens.

Wir müssen daher noch weiter bemerken, daß überdas die mögliche Belastung von E bis a noch mit zum Werthe von P gerechnet werden muß, die bey sehr weiten Bögen 500 und mehr Zentner betragen könnte. Hierdurch würde schon ein solches Gleichgewicht oder nur kleines Uebergewicht mit bedeutender Ueberwucht aufgehoben. Eben so wenig kann auch für den Scheitel in E F zwischen den Pres-

sungen von beiden Seiten wirkliches Gleichgewicht angenommen werden, da es fürs erste unmöglich wäre, den Steinen zu beiden Seiten ganz gleiches Gewicht zu geben, und fürs andere das vorhin erwähnte zufällige Gewicht auf der einen Seite noch hinzukommen und auf der anderen fehlen kann. Gesetzt aber auch, daß z. B. der Bogen K F ein bedeutendes Uebergewicht über den k F hätte, so würde hieraus doch nicht sogleich Bewegung und Aufhebung des Bestandes der Brücke entstehen, denn K F kann sich nicht gegen die Rechte neigen, ohne sich um B zu drehen, k F aber kann nicht weichen, ohne sich um k zu drehen; es ist aber der Unterschied der Entfernungen C B und C k bey weitem zu groß als daß unvermeidliche Ungleichheit der Gewichte beider Bogenhälften, die übrigens symmetrisch gebaut sind, und zufällige Belastung der Brückenstraße auf die Stöhrung des festen Standes einigen Einfluß haben könnte. Wenn man dieß alles erwägt, so wird man finden, daß des V. Bestimmungsart der Pfeilerdicke weit von aller Anwendbarkeit entfernt ist, daß ängstliche Untersuchungen über die Stelle des Schwerpunkts, die ihn sehr beschäftigt, hier ganz entbehrlich sind, und daß man auf eine Theorie, die uns die Pfeilerdicke für jeden Fall in der Ausübung gerade zu bestimmte, um so mehr ganz Verzicht thun muß, weil es doch immer noch dem Praktiker überlassen bleibt, festzusetzen, um wie viel eine nach reiner Theorie

vom Gleichgewicht berechnete Pfeilerdicke in der Ausübung noch verstärkt werden solle.

Die von mir (Anleit. zur Brückenbauk.) angegebene Formel ist als bloße Darstellung des Gesetzes zu betrachten, welches, den Erbauern unbewußt, Widerlager von Brücken sehr verschiedener Höhe und Weite beobachten, und zwar von Brücken, die mit weit mehr Kühnheit erbaut sind als sehr viele ältere und deren Bestand sich schon durch vieljährige Dauer hinlänglich bewährt hat. Und um solche allgemeine Darstellungen war es mir in meiner Anleit. zur Brückenbaukunde, die ich geradezu für die Ausübung bestimmte, eigentlich zu thun. Doch läßt sich der Nutzen einer rein theoretischen Formel, die mit gehöriger Umsicht gefunden worden ist, nicht ganz verkennen. Meine in gedachter Schrift angegebene Formel reicht so weit als bisherige hinlänglich bewährte Erfahrungen reichen, d. h. wenigstens bis zur Weite der Brückenbögen von Neuilly. Da aber so weit im Grossen anpassende Gesetze nie plötzlich ihre Form ändern, sondern eine solche Formänderung, wenn sie wirklich eintritt, nur allmälig erfolgen kann, so können wir jenes Gesetz ohne Bedenken auch noch bis zu 140′ weiten Bögen beibehalten.

Note II. Sur la force d'adhérence des mortiers de chaux et ciment, et sur le rapport du frottement d

la pression, pour des pierres qui glissent les unes sur les autres. p. 339 — 344. Der Sandmörtel bestand aus 2 Theilen durchgesiebtem Sand und einem Theil gelöschtem Kalk; eben so der Ziegelkalk aus 2 Theilen Ziegelmehl und einem Theil gelöschtem Kalk. Die mit diesen Mörteln verbundenen Steine wurden 16 — 18 Tage lang bey sehr guter Witterung der Luft zum Trocknen ausgesetzt. In freyer Luft zeigte ersterer einen weit grösseren Zusammenhang als letzterer. Unter dem Wasser war es umgekehrt. Uebrigens ist dieser Gegenstand hier noch nicht gehörig erörtert. Den Versuchen fehlt es an Mannigfaltigkeit in Bezug auf alle die Umstände, welche auf den Zusammenhang Einfluß haben. Die Steinart, mit welcher die Versuche angestellt worden sind, ist gar nicht angegeben, da doch solche einen bedeutenden Einfluß auf die Festigkeit der Bindung haben muß. Die Reibung am Mörtel betrug $\frac{3}{4}$ bis $\frac{5}{7}$ des Drucks. Aber auch diese Versuche sind wenig belehrend.

Chap. V. De l'épaisseur et de la forme des piles. p. 345 — 366. *Sect. Iere. De l'épaisseur des piles.* p. 345 — 348. Daß Pfeiler in Bezug auf gleichen Druck von beiden Seiten keiner Gefahr von Seiten der Brückenbögen ausgesetzt sind, fällt von selbst ins Auge, daher auch in dieser Hinsicht ihre Dicke hier unbestimmt bleibt. (Die erforderliche

Dicke eines von beiden Seiten gleichem Drucke ausgesetzten Pfeilers ist daher von ganz andern Umständen abhängig; sie muß so beschaffen seyn, daß die Steine des Pfeilers vermög ihrer spec. Festigkeit den lothrechten Druck 10fach auszuhalten vermögen, und daß sie den größten Eisgängen hinlänglichen Widerstand leisten können, und daß auch bey einigen Abbrüchen oder einiger Unterspühlung nicht sogleich Einsturz zu fürchten ist.) Dem Umstande, daß eine kleinere Grundfläche bey einerley Druck weniger gegen das Sinken im Boden schützt, als eine grössere, kann durch vergrösserte Fundamentalfläche begegnet werden. Die Voraussetzung gleichen Drucks setzt aber voraus, daß bey Erbauung der Brücke alle Bögen gleichzeitig aufgeführt werden, welches dann wegen der Lehrbögen die Kosten ungemein vergrössert. Successive Aufführung der Bögen nöthigt uns die Pfeiler als Widerlager zu betrachten, von deren Dicke oben geredet worden ist. Aber auch bey gleichzeitiger Aufführung der Bögen bleibt zu bedenken, daß der Einsturz eines einzigen Pfeilers den aller übrigen nach sich ziehen müßte, wenn solche nicht die Dicke von Widerlagern erhalten haben. (Und da der Einsturz irgend eines von den Pfeilern desto eher möglich ist, je mehr sie sich von der Widerlagerdicke entfernen, so wird es immer räthlich bleiben, sie als Widerlager aufzuführen). Dicke Widerlager, erinnert der V. ganz richtig, vergrössern die Höhe der

Stauung; (aber nach Dúbúats Stauungstheorie, welche zugleich die des V. ist, verdient diese ganz unbedeutende Vergrösserung wenig Aufmerksamkeit). Darum soll man auch nach dem V. sehr flache oder gedrückte Bögen (die sehr vom halben Kreise abweichen) wo möglich vermeiden: „On ne doit se servir de ces sortes de voûtes (qui sont très surbaissées) que dans des circonstances, où il seroit impossible de faire autrement." Diese Regel mögten wir Brückenbaumeistern nicht empfehlen. Verdrückung oder Verflächung der Bögen ist ein Mittel zur Verminderung ihrer Anzahl also zur Erleichterung des Brückenbaus, besonders wo die Abdammung des Wassers mit Schwierigkeiten verbunden ist. In manchen Fällen können dadurch alle Pfeiler vermieden werden. Nie aber kann durch die dabey erforderliche Vergrösserung der Pfeilerdicke die Stauung merklich vergrössert werden, am wenigsten nach des V. Stauungstheorie. Die obige Regel bedarf daher einer sehr grossen Beschränkung. Warum sollte man z. B. für 22′ Bogenhöhe nur eine Bogenweite von 60′ nehmen, wenn z. B. nach der ganzen Flußbreite hiernach 3 Bögen also 2 Pfeiler erfordert würden? Da bey etwa 100′ Bogenweite nur 1 Pfeiler nöthig wäre. Oder sind das vielleicht noch keine voûtes très surbaissées? Diese Bemerkung wird das Schwankende der Regel beweisen, indem der V. bestimmt hätte angeben sollen, was für Gewölbbögen er für des voûtes très surbaissées erkläre. *Sect. II. De la forme des piles.* p. 349 — 366. Der V. macht hier

besonders auf den Einfluß aufmerksam, den die Gestalt der Vorköpfe bey Brückenpfeilern auf die Art hat, wie das Wasser zwischen die Pfeiler eingeleitet wird und unter den Brückenbögen selbst durchströhmt. Zuerst kommt er auf die bekannte Abhandlung von Bossüt und Viellet über die vortheilhafteste Bauart der Dämme. So gerne wir den theoretischen Kenntnissen dieser Männer Gerechtigkeit widerfahren lassen, so wenig konnten wir vermuthen, daß der V. hier die gedachte Schrift nennen würde. Zum Glück macht er am Ende selbst keinen Gebrauch von ihr. Er kommt dann auf Dübüats Theorie, ohne jedoch auch von dieser besonderen Gebrauch zu machen. Dann hält er sich lange bey den Beobachtungen auf, welche Dübüat zur Belehrung dieses beim Brückenbau allerdings wichtigen Gegenstandes bey Brückenpfeilern in einem Strohme angestellt hat; der Strohm war dieß mal sehr mächtig, etwa — 1 $\frac{1}{2}$ Fuß breit und 1 $\frac{1}{2}$ Zoll tief!! Die Pfeiler im Strohme alle zusammengenommen nahmen etwa 5 $\frac{1}{2}$ Zoll nach der Breite ein. Diese Beobachtungen werden hier umständlich erzählt. Wir dürfen teutschen Hydrotechnikern wohl nicht erst die Erinnerung machen, daß solche Beobachtungen durchaus keine Belehrung geben, und daß Resultate bey wirklichen Ströhmen nicht etwa doch analogisch sondern ganz anders ausfallen können. Wir müssen noch bemerken, daß der Dübüatsche Strohm bey 8 Beobachtungen eine Geschw. von beinahe 12 Par. Fußen hatte, bey zweyen aber sogar eine Geschw.

von etwa 1/4 ½ Fuß. Man sollte beinahe vermuthen, daß der an die Vorköpfe anstossende Theil des Strohms sich ganz versprützt hätte. S. 365 sagt der V. „On trouve dans quelques ouvrages étrangers des exemples de piles partagées en deux parties, dont l'intervalle est recouvert par une voûte; mais ces piles sont très *massives*." Hier bleibt man ungewiß, ob es nicht heisen solle très *mauvaises*. Am Ende dieser Abhandlung weiß man nicht, welche Gestalt dann nun eigentlich für die Vorköpfe nach des V. Meinung gewählt werden solle? Wir müssen noch bemerken, daß es bey Ströhmen, die hierbey als Gegenstände der Beobachtung zum Grunde liegen, keineswegs auf verhältnißmäßige Abmessungen, sondern sehr auf absolute Grösse dieser Abmessungen ankomme, und daß uns in dieser Hinsicht 4—5 Zoll breite Durchgänge zwischen den Pfeilern Erscheinungen darbiethen können, die mit jenen bey 40 — 60 — 100 Fuß breiten Durchgängen gar keine Aehnlichkeit haben. Die Theorie des Wasserstosses besonders auf runde Flächen ist noch so unvollkommen, daß wir davon bey so wichtigen Fällen der Ausübung nicht einmal in Bezug auf die Grösse des Stosses einige Anwendung machen können, noch weniger aber auf die übrigen mit diesem Stosse zusammenhängenden Erscheinungen in Bezug auf Richtung und Geschwindigkeit. Und da überdas die Unschädlichmachung der Eisgänge gegen die Pfeiler unsere vorzügliche Aufmerksamkeit verdient, so bleibt das letzte Resultat aller Beobachtungen im Grossen doch wohl

immer das, daß Vorköpfe von Halbcylindern für die Ausübung vorzüglich empfohlen zu werden verdienen.

Chap. VI. Des abords des ponts, p. 367 — 382. *Sect. Ire. Des différentes manieres de disposer les abords d'un pont, p.* 387 — 370. Allgemeine Grundsätze lassen sich hier nicht festsetzen. Der V. theilt aber Zeichnungen von wirklichen Brücken mit, welche zeigen, wie Anfang und Ende einer Brücke durch Flügelmauern mit den Ufern und mit der fortlaufenden Straße verbunden sind. Inzwischen bleibt hierbey wegen der unendl. Mannigfaltigkeit möglicher Fälle beynahe alles dem praktischen Sinne des Baumeisters überlassen. *Sect II. Des murs de revêtement des terres, p.* 371 — 381. Der V. nennt Coulomb als den Ersten, der diesen Gegenstand mit der gehörigen Umsicht betrachtet habe; Prony aber habe ihn mit noch mehr Sorgfalt und Genauigkeit bearbeitet, zuerst in der **Mécanique philosophique**, dann aber auf eine neue Weise 1802 in seinen **Recherches sur la poussée des terres**, die er hier zum Grunde legen will. Das Pronysche Verfahren besteht darin, daß angenommen wird, hinter einer lothrechten Schutz- oder Futter-Mauer sey Erde auf eine gewisse Höhe **h** über der Grundfl. der Mauer aufgeschüttet. Von dieser wird ein Stück in prismatischer Gestalt auf einer schiefen Ebene abzugleiten streben; der Winkel, den diese schiefe Ebene unten mit der lothrechten Fläche der Mauer macht, heise σ; der Reibungskoefficient (z. B. $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ ꝛc.) sey $=$ f in Bezug auf den

ſenkrechten Druck, das ſpec. Gewicht des Erdreichs $= \pi$, der horizontale Druck gegen die lothrechte Mauer $= P$, ſo erhält man auf bekannte Weiſe $P = \frac{1}{2}\pi h^2 . \text{tang } \sigma . \frac{1 - f . \text{tang. } \sigma}{\text{tang. } \sigma + f}$. Die Abgleitung wird unter dem Winkel erfolgen, unter welchem die Erde das größte Streben gegen die Mauer hat. Man findet aber, für das Max. von P, tang. $\sigma = -f + \sqrt{(f^2 + 1)}$. Nimmt man τ ſo, daß $\frac{1}{f} = \text{tg. } \tau$ wird, ſo findet man tang. $\sigma = \frac{1 - \text{Cos. } \tau}{\text{Sin. } \tau} = \text{tg. } \frac{1}{2}\tau$, alſo $\sigma = \frac{1}{2}\tau$. Die Erde liegt für ſich ruhig, wenn ſie gar keinen Druck auf die Mauer ausübt, alſo $1 - f . \text{tang. } \sigma = 0$ oder tang. $\sigma = \frac{1}{f} = \text{tang. } \tau$ alſo $\sigma = \tau$ iſt. Die Erde ſtrebt alſo, wenn der Zuſammenhang der Erdtheilchen bey Seite geſetzt wird, unter einem Winkel abzugleiten, welcher halb ſo groß als derjenige iſt, unter welchem ſie vermöge der Reibung ruhig liegen bleiben kann. Der Mittelpunkt des Drucks fällt dann von oben herab in die Tiefe $\frac{2}{3}h$. Hiernach hat man alſo in der Höhe $\frac{1}{3}h$ von unten hinauf $P = \frac{1}{2}\pi h^2 (\text{tg. } \frac{1}{2}\tau)^2$, und das ſtat. Mom. $= \frac{1}{6}\pi h^3 . (\text{tg. } \frac{1}{2}\tau)^2$. Der V. ſetzt p. 376 hinzu: „Si on suppose que la valeur du „frottement diminue, l'angle du talus augmentera et „approchera continuellement de l'angle droit. La force „P qui augmente en même temps que l'angle du talus, „approchera aussi de sa limite, dont on aura la valeur „en supposant $t = 1$. Cette valeur est $P = \frac{1}{2}\pi h^2$, c'est „celle qu'on deduit de la théorie des fluides.“ Hier-

bey hat er aber alle Bedingungen der Aufgabe ganz außer Acht gelassen. Wenn $\tau = 90°$ wird, so ist $\frac{1}{2}\tau$ oder $\sigma = 45°$, also das längs der schiefen Ebene wirkende Gewicht $= \frac{1}{2}\pi h^2$ tang. $45° = \frac{1}{2}\pi h^2$. Aber diese Bestimmung setzt voraus, daß an der Wand anliegendes Wasser eine Masse bilde, die, senkrecht auf die Wandfläche der Mauer gemessen, eine Breite habe, welche nicht $< h$. tg. $45°$ oder nicht $< h$ sey. Wenn inzwischen hinter einer 20′ hohen Mauer z. B. eine nur 1′ breite Wassermasse stände, so wäre es bekanntlich dasselbe, als ob hinter derselben eine 30′ oder 100′ oder 1000′ breite Wassermasse druckte. Die obige Formel ist also für $f = o$ gar nicht anwendbar. Ueberdas ist bekannt, daß, $f = o$ gesetzt oder eine eine flüssige Masse angenommen, keineswegs der Mittelpunkt des Drucks auf die Höhe von $\frac{1}{3}h$ von unten hinauf fällt, sondern auf $\frac{1}{2}h$.

Auch fällt in die Augen, daß für flüssige Massen die Voraussetzung $\tau = 90°$, hier nicht so gelten kann, daß für $\sigma = \tau = 90°$ die Masse für sich gar keinen Druck, auf die Mauer ausübe. Die Voraussetzung, aus welcher die Gleichungen abgeleitet sind, daß nämlich das Streben abwärts zu sinken und längs der schiefen Ebene Druck zu bewirken vom Neigungswinkel abhänge und mit diesem verschwinde, findet bey flüssigen Massen nicht statt, und ebenso wenig bey sumpfichten breiichten Massen, denen doch immer ein gewisser Grad der Flüssigkeit zukommt. Daher kann die Eigenschaft der Flüssigkeit (oder des Grads der Flüssigkeit) keineswegs aus der Formel wegbleiben.

Zwar erhält man, für $f = o$, aus der obigen Gleichung $P = \frac{1}{2}\pi h^2 . \text{tg. } \sigma . \frac{1 - o}{\text{tang. } \sigma} = \frac{1}{2}\pi h^2$, die in der Voraussetzung, daß von Materien die Rede sey, bey welchen lothrechter Druck der Theilchen auf einander keinen horizontalen zur Folge habe, ihre völlige Richtigkeit hat, sobald die Reibung bey Seite gesetzt wird; diese Gleichung ist aber von tang. σ ganz unabhängig; sie giebt für jeden Werth von σ, wenn nur $f = o$ ist, also auch für $\sigma = 45°$ und $\tau = 90°$, weil die Voraussetzung $\tau = 90°$ mit der $f = o$ zusammenstimmt; sie giebt aber auch, $f = o$ vorausgesetzt, für $\sigma = 10°$ aber keineswegs für $\tau = 2 . 10 = 20°$, weil, für $\tau = 20°$, $f = \frac{1}{\text{tg. } 20°} = \frac{1}{0{,}3639}$ seyn müßte. Hieraus wird begreiflich warum des V. Formel, welche voraussetzt, daß aus der lothrechten Pressung auf eine horizontale Fläche kein horizontaler Druck entstehe, dennoch für flüssige Massen den Werth von P richtig angiebt, weil nämlich der V. nicht überhaupt einen Werth von τ in die Gleichung setzt, für welchen bey flüssigen Massen $f = o$ ist (indem dieses für jeden Werth von τ statt findet), sondern gerade nur den Werth, welcher ihm $\text{tang } \frac{1}{2}\tau = \text{tg } \sigma . \frac{1 - o}{\text{tg. } \sigma} = 1$ giebt.

Eigentlich ist aber für solche Massen $\sigma = 90°$, und eben darum fällt der Mittelpunkt des Drucks nicht, wie des V. Ausdruck giebt, in $\frac{1}{3}$ h sondern in $\frac{1}{2}$ h.

Man ist aber schon bey einem sumpfichten Boden, welcher, wenn er durch seine Umgebung nicht zurückgehalten würde, eine beinahe horizontale Oberfläche annehmen würde, genöthigt, die Berechnung wie für eine flüssige Masse zu führen. In der Ausübung kann aber noch ein anderer Umstand eintreten, der den horiz. Druck auf die Mauer ausserordentlich vergrössern kann. Der V. setzt nämlich den unteren Stützpunkt des abgleitenden Prismas an den unteren Anfang der Mauer, so daß von da aus die Hypotenuse des rechtwinklichten Dreiecks aufwärts gezogen wird. Aber in manchen Fällen kann der Boden hinter der Mauer nachgeben, und hiermit die untere Spitze des rechtwinklichten Dreiecks um einen oder mehrere Fuße tiefer herabfallen, wodurch dann der Druck gegen die Mauer bedeutend vergrössert werden kann. Zuweilen tritt auch der Fall ein, daß in der Nähe einer solchen Schutzmauer das Erdreich beträchtlich zu steigen anfängt, oder daß Gebäude in der Nähe aufgeführt werden, wie dieses wegen der Thore besonders bey Brücken der Fall ist. Sehr häufig werden auch durch die äussere Straße sehr schwere Lastwägen in die Nähe solcher Mauern geführt. Man bedenke endlich noch die grosse Ungleichheit des natürlichen Baues der Ufer, innere Lücken oder Höhlen, Wirkungen strenger Kälte besonders in Erde, die von Wasser durchdrungen ist u. d. gl. so wird man fühlen, daß mit solchen Theorien dem praktischen Baumeister wenig geholfen ist. Was ins besondere noch die Momentsbestimmung des V. be-

trifft (welches alles er doch von Prony entlehnt hat), so habe ich auch gegen diese noch eine wichtige Erinnerung zu machen. Einmal ist es an sich der Natur des Erdreichs gar nicht angemessen, die Masse so abgleiten zu lassen, wie unendlich dünne über einander liegende Schichten, die gar keinen Zusammenhang unter einander hätten. Fürs andere muß man in der Ausübung unter den verschiedenen möglichen Fällen allemal den in der Formel zum Grunde legen, welcher der nachtheiligste ist. Dieses ist aber der Fall, wo alle unter einander der Hypotenuse oder der schiefen Fläche parallel liegende Schichten unter sich zusammenhängen. Nur der Zusammenhang mit der schiefen Ebene selbst, als der Grundfläche der ganzen abgleitenden Masse, kann zur Sicherheit für die Ausübung bey Seite gesetzt werden. Unter dieser Voraussetzung fällt aber der Mittelpunkt des Drucks in die durch den Schwerpunkt des rechtwinklichten Dreiecks, dessen Hypotenuse die schiefe Ebene giebt, gezogene Horizontallinie. Diese liegt von oben herab in $\frac{1}{3}$ der Höhe h; die Entfernung von der unteren Spitze ist also $= \frac{2}{3}$ h, daher das stat. Moment des Drucks an der Mauer nicht $= \frac{1}{3}$ h . $\frac{1}{2}$ π h^2 . (tang. $\frac{1}{2}\tau)^2$, wie der V. mit Prony annimmt, sondern $= \frac{2}{3}$ h . $\frac{1}{2}$ π h^2 . (tg. $\frac{1}{2}$ $\tau)^2 = \frac{1}{3}$ h^3 π . (tg. $\frac{1}{2}\tau)^2$.

In der Anwendung auf die Berechnung der Mauerdicke setzt der V. die Dicke zu oberst $=$ x, die Breite der Böschung an der Aussenseite $=$ n . h, an der inneren die an der Erde anliegt, $=$ n' h, das

spec. Gewicht des Mauerwerks $= \Pi$, tg. $\frac{1}{2}\tau = t$, und findet hiernach in Bezug auf den Umsturz für das Gleichgewicht

$$x = h \cdot \left(-(n + \tfrac{1}{2} n') + \sqrt{\left(\frac{\pi t^2}{3\Pi} + \frac{n^2}{3} - \frac{(n')^2}{12}\right)} \right)$$

Wir setzen aber obigen Erinnerungen zufolge

$$x = h \cdot \left(-(n + \tfrac{1}{2} n') + \sqrt{\left(\frac{2\pi t^2}{3\Pi} + \frac{n^2}{3} - \frac{(n')^2}{12}\right)} \right)$$

Zur Abkürzung setzt der V. noch genau genug

$$x = h \cdot \left(-(n + \tfrac{1}{2} n') + \sqrt{\frac{\pi t^2}{3\Pi}} \right)$$

also wir

$$x = h \cdot \left(-(n + \tfrac{1}{2} n') + \sqrt{\frac{2\pi t^2}{3\Pi}} \right)$$

Wird der Reibungskoëfficient für das Verschieben der Mauer auf ihrer Grundfläche, mit φ bezeichnet, so findet er im Falle des Verschiebens

$$x = \tfrac{1}{2} h \cdot \left(-(n + n') + \frac{\pi t^2}{\varphi \Pi} \right)$$

Diese Formel ist aber in der That wieder blos spekulativ. In der Ausübung müssen gehörig begründete, in den Boden eingesetzte Mauern angenommen werden, wo es also nicht blos auf Reibung an der Grundfläche sondern auf Widerstand des am Fuße der Mauer anstehenden Erdreichs ankommt.

Ueber-

Ueberhaupt sind die wirklichen Erscheinungen beim Einstürzen der Mauern hinlängliche Beweise, daß sie nach ganz anderen Gesetzen erfolgen, als ihnen Theoretiker vorschreiben wollen. Der Fuß der Mauer bleibt gewöhnlich stehen, sehr häufig auch Stücke der Mauer zu beiden Seiten des eingefallenen Stücks; eine Mauer steht oft 10 Jahr lang ohne die mindeste Aenderung, neigt sich dann allmälig vorwärts oder erhält einen Bruch drohenden Bauch, stürzt dann plötzlich ein und das stehen gebliebene Erdreich erhebt sich oft unter einem Winkel von 60 — 70 Graden, wobey aller Gedanke an jene prismatische Form verschwindet. Recensent sah noch zu Anfang des Märzes d. J. ein etwa 20′ langes Stück aus einer über 100′ langen Mauer so eingestürzt, daß die etwa 8′ hohe Bruchfläche in den oberen 4′ beinahe ganz lothrecht war und etwa 2 $\frac{1}{2}$ bis 3′ von der hintern Mauerfläche abstand.

Weil nun der V. die Anwendung auf Wasser dadurch macht, daß er $\tau = 90°$ setzt, so findet er, $n = n' = 0$ gesetzt, für Mauern ohne Böschung in Bezug auf Druck des Wassers $x = h \cdot \sqrt{\frac{\pi}{3\,\Pi}}$, da doch nach ausgemachten hydrostatischen Gesetzen $x = h \cdot \sqrt{\left(\frac{\pi}{2\,\Pi}\right)}$ gesetzt werden muß; der Grund dieses Irrthums ist oben schon bemerkt worden.

Der V. giebt noch (S. 379.) seiner Formel für

die Umstürzung eine allgemeinere Form. Wenn nämlich alles in Fußen ausgedruckt wird, und die Oberfläche des anliegenden Erdreichs noch einen besonderen Druck leidet, der für jeden Q. Fuß durch G ausgedruckt wird, so findet er, in Bezug auf Umsturz, für den Fall des Gleichgewichts

$$x = h \cdot \left(-(n + \tfrac{1}{5} n') + t \sqrt{\frac{\pi + \frac{3\,G}{h}}{3\,\Pi}} \right)$$

wo aber nach unseren obigen Bemerkungen im Nenner 1,5 . Π statt 3 Π stehen sollte. Auch wird noch S. 379 und 380 bemerkt, daß man der Füllerde hinter der Mauer Zeit lassen müsse, sich gehörig zusammen zu setzen. Diese Bemerkung ist nicht bestimmt genug. Man kann nicht die Mauer von Fuß zu Fuß aufführen und jedesmal so lange die Arbeit abbrechen, bis sich die Erde etwa hinlänglich gesetzt haben möge. Man muß vielmehr die Erde hinter der Mauer immer dünne aufschütten und sogleich zusammen stampfen lassen, wo möglich aber erst, wann die Mauer schon einigermassen ausgetrocknet ist. Vorzüglich muß man Steinschutt besonders mit abgerundeten Steinen zu vermeiden suchen, weil sich solche allmälig tiefer senken, sich in einander keilen und dann mit Macht gegen die Mauer drücken. Noch erinnert der V. daß fester Boden für die Mauer vorausgesetzt werde, und weil in gehöriger Begründung der Mauer

zu oft gefehlt werde, so sey man *presque* toujours obligé d'ajouter *quelque chose* à l'épaisseur indiquée par les formules, auf deren Hinlänglichkeit man sich sonst, wie er vorher sagt, in der Ausübung vollkommen verlassen könne, weil man dabey den Zusammenhang des Erdreichs ganz ausser Acht gelassen habe. Eigentlich ist aber nur die Beiseitsetzung des Zusammenhangs des ganzen Prismas mit der angenommenen schiefen Ebene und mit dem Erdreich zu beiden Seiten des Prismas ein Vortheil für die Formel; die Beiseitsetzung der Erdtheilchen unter einander im Prisma selbst gereicht ihr zum grossen Nachtheile, weil dadurch das Moment des Drucks bis zur Hälfte vermindert wird.

Je kürzer übrigens eine Mauer also auch das anliegende Erdprisma ist, einen desto bedeutendern Theil des ganzen Widerstandes macht nothwendig der Zusammenhang des Prisma mit dem Erdreich zu beiden Seiten aus, und es wird hieraus begreiflich was der V. als bloßen Erfahrungssatz ausspricht: „L'expérience a demontré qu'à épaisseurs égales les murs les plus longs avaient moins de résistance que les autres." Auch wird der Widerstand ebendarum durch streckenweis angebrachte Schutzpfeiler vergrößert; wozu dann auch noch kommt, daß der Zusammenhang einer einzelnen Mauerstrecke mit dem Mauerwerk an beyden Enden gleichfalls einen desto größern aliquoten Theil des gesammten Widerstandes ausmacht, je kürzer die Strecke ist. Diese theoretischen Gründe hat der Verfasser ganz übersehen. Er schlägt nun

vor, an der ordentlichen Mauerdicke abzubrechen und dagegen Schwiebbögen von außen längs der Mauer zum Schutze anzubauen. Es ist aber diese Bauart nicht neu. Man hat dergl über 30′ hoch im Schloßgarten zu Heidelberg schon seit dem Anfange des 17ten Jahrhunderts, wo auch noch zur Vergrößerung der Haltbarkeit jedes Mauerstück zwischen 2 Pfeilern nach innen d. h. gegen das anstehende ebenso hohe Erdreich gewölbt ist.

In Bezug auf die ganze bisherige Abhandlung wäre es nun für die Ausübung noch sehr wichtig, Werthe für π, Π, f und φ angegeben zu sehen. So wenig nun auch die schärfste Formel für die Ausübung einigen Nutzen hätte, wenn man diese Werthe nicht einigermaßen zu bestimmen wüßte, so findet man doch hierüber vom V. keine Sylbe. Den Beschluß dieses Kap. macht eine vom Herausgeber dieses Werks beygefügte Note, worin gezeigt wird, wie Prony den Grad des Zusammenhangs mit in Rechnung gebracht hat. Jede Erdart, sagt Prony, kann sich auf eine gewisse Höhe h′ mit lothrecht abgeschnittener Fläche erhalten, und wenn man $\frac{h'}{h} = m$, und $P = o$ setzt, so wird

$$\text{tang. } \sigma = t \cdot \frac{1 + \sqrt{(1-m)} \cdot (1+mt^2)}{1-(1-m)\,t^2}$$

Für $m = o$, heißt es weiter, wird $\sigma = \tau$, hingegen, für $m = 1$, $\sigma = \frac{1}{2}\tau$. Beydes gilt also für $P = o$ oder für das Gleichgewicht. Daß nun für den Fall des Gleichgewichts $\sigma = \tau$ sey, versteht sich ohnehin. Aber für $m = o$ findet für keinen Werth von

τ Gleichgewicht statt, wenn solches nicht durch Reibung bewirkt wird, folglich giebt es auch ohne Reibung keinen Werth für σ, auch nicht für $\sigma = o$. Es kann also die letzte Formel für σ, die sich auf $P = o$ bezieht, keineswegs auf flüssige Massen angewendet werden. Auch giebt die vollständigere Prony'sche Gleichung, $h' = o$ gesetzt, für flüssige Massen, wie oben, das Moment des horizontalen Drucks $= \frac{1}{6} \pi h^3 t^2$, also offenbar unrichtig. Man muß sich sehr wundern, daß weder Prony, noch Gauthey, noch Navier solche Fehler bemerkt haben. Offenbar ist aber auch Prony nicht vom richtigen Gesichtspunkte ausgegangen, wie sogleich daraus erhellet, daß nach ihm Wasser in einem Gefässe auf eine Wand nicht den der Höhe h angemessenen Druck ausüben könnte, wenn ihr Abstand von der gegenüberstehenden Wand $< h$ wäre. Ueberhaupt hat Prony auf die Ausdehnung der druckenden Masse nach senkrechter Richtung auf die anstehende Mauerfläche gar keine Rücksicht genommen. Von dieser Ausdehnung ist der Druck gegen die Mauer desto abhängiger, je geringer der Grad der Flüssigkeit der druckenden Masse ist. Bey vollkommener Flüssigkeit wird der Druck davon ganz unabhängig. Da nun sehr häufig der Fall eintritt, daß die druckende Erdmasse nur eine Ausfüllung von Erde zwischen der Mauer und einer Felsenwand ist, wobey uns jene Ausdehnung ganz unbekannt ist, und da wir den Grad der Flüssigkeit nie anzugeben vermögen, so bleiben schon in dieser Hinsicht dergl. Theorien leere dem Praktiker ganz unnütze Spekula-

tionen. Nimmt man noch hinzu, was ich von der Ungewißheit des unteren Stützpunktes oder der unteren Spitze des rechtwinkl. Dreyecks erwähnt habe, und erwägt dabey, daß selbst Stoß hinzukommen kann, so wird man sich vollends von der Unmöglichkeit einer brauchbaren Theorie überzeugen.

Chap. VII. Des parties accessoires dans les ponts. p 389 — 399. Man kann sich verschiedene Formen denken, unter welchen sich die Gewölbsteine oben enden, wie die Steinschichten zwischen den Bögen gelagert und wie solche mit ihren Fugen an der Aussenseite (die sich dem Auge darstellt) sich an die anstossenden Schutzpfeiler oder Vorköpfe anlegen. Der V. giebt hiervon mehrere Beispiele in beigefügten Zeichnungen, woraus sich von selbst ergiebt, daß bey hohen Vorköpfen das Zusammentreffen der Fugen im Gewölbe mit denen der Vorköpfe nicht allemal durchaus beobachtet werden kann, weil dabey die Steindicke der Vorköpfe zuweilen nach oben zu sehr vermindert oder auch die Dicke der Gewölbsteine zum Theil vergrössert werden müßte. Eine vorzügliche Schichtung der Steine (zwischen den Bögen) ist die, bey welcher man mehrere Gewölbsteine an eine und dieselbe horizontale Steinschichte anstoßen läßt, besonders bey weit gespannten Korbbögen. Bey Wölbungen nach einem Bogenstück, das sich nicht zu sehr über seine Sehne erhebt, kann man auch sämmtliche Gewölbsteine bis zum Saum des Mauerwerks (d. h. bis zur Horizontalfläche, an welche der Schlußstein anstößt) hinauf laufen

lassen. Es folgt jetzt die Gestalt des Stirnbogens der Brücke von Neuilly und ihre Anwendung zur Erweiterung schon gebauter Brücken. Wichtigkeit der Brückenaugen (Durchgänge durch das Mauerwerk nach der Breite der Brücke) oberhalb den Pfeilern. Es sind aber auch Fälle denkbar, wo solche Augen in den Pfeilern selbst, wenn solche zugleich als Widerlager bestehen, angebracht werden könnten. Zum Schlusse dieses Kapitels und des 1ten Bandes noch einige Worte in Bezug auf Ableitung der Regenwasser, auf steinerne und eiserne Geländer und auf die Gangwege (Trottoirs), welche nicht unter 1,5 Meter breit seyn sollen.

Paris 1813 *chez Firmin Didot. Traité de la construction des ponts par* M. *Gauthey, Insp. gén. des ponts et chaussées; membre de la légion d'honneur. Publié par M. Navier, Ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.* Tome II. 396 S. in gr. 4. mit XI. Kupfertafeln.

Livre troisième. Des cintres, des ponts en bois et en fer et des ponts mobiles. p. 1 — 168.

Chap. I. Des cintres servant à la construction des voûtes. p. 1 — 50. Der V. theilt zuerst einige Muster von Lehrbögen (Lehrgerüsten, Bogengestellen) für Brückenbögen von 24 bis zu 60 Fuß Weite mit; dann auch die Konstruktion, welche Perronet für die von ihm erbauten grossen Bögen angegeben hat. Diese habe nicht immer geleistet, was man sich von

ihr versprochen habe. Bey der Brücke von Cravant, welche 58′ Bogenweite und 4′ Höhe für den Schlußstein hat, wurden dergleichen Lehrbögen mit dreifacher poligonförmiger Verspannung, mit 5 ½ Fuß Abstand von Mitte zu Mitte, gebraucht; aber die Hölzer, sagt er, hätten dabey stärker und etwa 10″ dick seyn sollen. Bey der Brücke von Nogent waren die einzelnen Spannhölzer 18 — 21 Fuß lang und 13½ bis 15 ½ Zoll dick, wozu aber nach des V. Urtheil eine Dicke von 12 bis 12 ½ Zoll hinlänglich gewesen wäre. Der Abstand der Lehrbögen von einander betrug von Mitte zu Mitte 7 Fuß. Bey der Brücke von *Mantes* war die Verspannung vierfach d. h. die Poligonhölzer vierfach unter einander angebracht. Die Lehrbögen hatten sich beim grossen Bogen um beinahe 12″, bey den übrigen um beinahe 9″ gesetzt. Die auf dieselbe Weise gebauten Lehrbögen für die Brücke von *Neuilly* zeigten sich, ungeachtet der geringeren Belastung und ungeachtet ihr Abstand nur 6′ betrug, dennoch zu schwach und verursachten grosse Schwierigkeit. Die gleichfalls mitgetheilten Lehrbögen der Brücke von *Orléans* sind bey weitem einfacher und leisteten hinlänglichen Widerstand. Um die Erhebung im obersten Theile zu beseitigen, mußten bey der Brücke von Neuilly nach und nach 455000 Kilogrammen (über 4800 Zentner) oben aufgelegt werden; bey der von Orléans waren 97000 Kilogramme hinlänglich. Endlich fügt der V. auch noch die Konstruktion für die Lehrbögen der Brücke von Nemours bey. Alle diese Lehrbögen könnte man wohl am füg-

lichsten schwebende nennen. Der V. nennt sie bewegliche (mobiles), weil sie während der Auflagerung der Gewölbsteine mit jeder neuen Steinschichte ihre Form ändern, an einer neuen Stelle sinken und an einer neuen sich erheben. Er unterscheidet sie von den unbeweglichen (fixes), bey welchen jede für sich drückende Abtheilung des Lehrbogens durch Säulen unterstützt wird, die einen festen unveränderlichen Standpunkt haben. Im Gegensatze von schwebenden Lehrbögen könnten letztere gestützte genennt werden, wo dann die mit zwey schiefliegenden Säulen, auf welchen die Enden des oberen mittleren Theils des Lehrbogens ruhen, nicht mehr zu den schwebenden gehören. Der V. theilt auch von dieser einfachen Konstruktion einige Zeichnungen mit. Bey Bögen über 60′ Weite müßte man 2 — 3 Balken, gehörig verbunden, auf einander liegend statt eines einzigen gebrauchen. Wenn inzwischen auch der Grund jener Beweglichkeit hierbey mechanisch gehoben ist, so ist hiermit doch noch nicht die Möglichkeit des Einbeugens der einzelnen Theile gehoben, und der V. gesteht selbst einem der vorhergehenden schwebenden Lehrbögen grössere Sicherheit gegen das Einbrechen zu, und bemerkt, daß man hierbey mit Vortheile solche Bogenbalken wie bey hölzernen Bogenbrücken anwenden könne. Das sicherste sey allemal das Unterstützen der Enden der Hauptabtheilungen eines über 60′ weiten Lehrgerüstes durch lothrechte Pfosten. Bey der Brücke von Moulins sind zwischen den beiden äusseren schiefliegenden Säulen noch 3 lothrechte

Pfosten auf Schwellen aufgesetzt, die nach der ganzen Brückenbreite hinlaufen, so daß jede solche Schwelle sämmtlichen Lehrgerüsten bey einem Bogen zur Unterlage dient. Die Schwellen selbst liegen auf kleinen Pfeilern auf. Aber diese Bauart ist selbst bey kleineren Flüssen schon mit Schwierigkeiten verbunden. Wir rathen daher, die gedachten Schwellen lieber auf eingerammte Pfähle aufzulegen, wozu der V. gleichfalls eine Zeichnung beygefügt hat, die er für 120' weite Bögen empfiehlt, die sich aber durch nichts besonders auszeichnet. Was von p. 11 bis p. 50 unter der Ueberschrift: „De la manière de régler la force des cintres d'après la charge qu'ils supportent" mit Inbegriff der beygefügten Note vorkommt, kann als Beyspiel dienen, wieviel die Analysis vermag, aus verwickeltsten Beziehungen, in welchen gewisse Bestimmungen gegen einander stehen, das wahre Verhalten von Größen, die an jenen Beziehungen anfänglich auf ganz unkennbare Weise Theil nehmen, am Ende auf eine völlig bestimmte Weise darzustellen. Mit dem Erstaunen über die Kunstgriffe der Analysis vereinigt sich nicht nur Bewunderung des menschlichen Geistes, der sie zu entdecken vermogte, sondern auch Achtung für den, der sie so anzuwenden versteht. Aber bey diesem Lobe müssen wir es belassen. Für die Brückenbaukunde ist dieses alles leere Speculation, und wir wollten mit gutem Gewissen schwören, daß Gauthey bey seinen Lehrbögen nie nur den Einfall gehabt hat (und wohl ihm!) von diesen Sätzen Gebrauch zu machen. Es ist in

der That auffallend, in einem von einem praktischen Baumeister blos für die Ausübung bestimmten Werke, in einem Werke über Brückenbaukunde ein solches Zwischenspiel blos zur Uebung in der Analysis zu finden. Und gesetzt auch, daß einiger Gebrauch davon zu machen wäre, wie es durchaus der Fall nicht ist — welchem Brückenbaumeister könnte nur zugemuthet werden, diese Abhandlung bey der Anlage einer Brücke zum Wegweiser zu nehmen? Wenn der Mathematiker die Wichtigkeit mathematischer Kenntnisse nur auf diesem Wege und nur in solchen Anwendungen zu zeigen vermag, so sieht es schlimm um den Nutzen dieser Kenntnisse aus; er wird dann der Aufmunterung zum Studium derselben mehr schaden als nutzen. Aber wie soll sich dann der Praktiker in der Ausübung der Festigkeit seiner Bogengerüste versichern? Wahrlich, wenn er nicht mit Schande bestehen will, nicht durch solche Theorien. Wären wir die Ersten, welche über solchen Lehrgerüsten Brücken aufzuführen hätten, so müßten wir wegen Beantwortung dieser Frage sehr in Verlegenheit seyn. Da wir aber schon in Bezug auf 120′ weite Bögen Erfahrungen vor uns haben, so können wir uns für noch weitere Bögen durch mancherley uns zu Geboth stehende Verstärkungen ziemlich in Sicherheit setzen. Sollten wir uns bey wirklicher Aufführung eines Bogens getäuscht sehen, so können wir selbst schon vorhandenen Lehrgerüsten noch größere Festigkeit verschaffen. Die Mathematik leistet uns für das praktische Leben in unzähligen Fällen einen so wesentlichen

Nutzen und so vollständige Hülfe, daß es ihr durchaus nicht zur Entehrung gereichen kann, wenn sie uns dagegen in manchen Fällen, wie insbesondere hier, im Stiche läßt. Die mannigfaltigen Anwendungen ihrer Lehren bey großen Vermessungen, bey Maschinen, in der Astronomie u. s. w. geben uns hinlängliche Beweise von der Wichtigkeit solcher Kenntnisse nicht nur in der Elementar- sondern auch in der höheren Mathematik. Aber man darf es ja nicht außer Acht lassen, daß eine Mechanik der Bogengerüste und der Gewölbe ungleich größeren Schwierigkeiten unterworfen ist, als eine Mechanik des Himmels. Nach unserem Bedünken ist man es daher vielmehr der Ehre der Mathematik schuldig, nicht in solchen Fällen Anspruch auf ihre Hülfe zu machen, wo wir ihr die Data, welche ihre Anwendung möglich machen, nicht unterlegen können, und wir ihr Resultate abnöthigen, welche den Glauben an ihre Orakelsprüche und ihr Ansehen beym Praktiker nothwendig schwächen müssen. *Chap. II. Des ponts de bois* p. 51 — 112. *Sect. I. Descriptinn des principaux ponts de bois*, p. 51 — 70. Zuerst eine kleine Zeichnung von Cäsars Brücke über den Rhein wie sie *Rondelet* (Traité de l'art de bâtir Tome IV. p. 304) angegeben hat.

Unter mehreren nachfolgenden hölzernen Brücken erwähnt der Verfasser insbesondere die *St. Clair* über die Rhone zu Lyon, auch die Brücke *Morand* von ihrem Erbauer genannt, als eine mit guter Einsicht gebaute Jochbrücke. Sie hat 17 Jochwände mit Oeff-

nungen zu 10,1 bis 13,7 Meter weit. Wir bemerken in ihrer Bauart nichts eigenthümliches. Palladio habe zuerst solche Konstruktionen gegeben, welche bedeutendere Oeffnungsweiten gestatten. Der V. theilt vier solche Angaben in den Zeichnungen mit. Sie beruht auf Wölbung oder auch, ohne Wölbung, auf Verbindungen durch Hängesäulen. In Frankreich sey von dieser Konstruktion wenig Gebrauch gemacht worden. Von der gesprengten Brücke von Soult über die Rhone theilt der V. gleichfalls die Zeichnung mit. Sie hatte eine einzige Oeffnung von etwa 100′ Weite, dauerte aber nur gegen 14 Jahre. Ihrem schwachen Bau hätte nach unserem Ermessen durch Kreuzbänder zwischen den Hängesäulen sehr geholfen werden können. Selbst Perronet hat für hölzerne Brücken wenig geleistet. Dagegen sagt der V. habe dieser Theil der Brückenbaukunst in der Schweiz bedeutende Fortschritte gemacht. Er nennt hier die im J. 1757 von einem gemeinen Land-Zimmermann Joh. Ulrich Grubenmann erbaute und im Feldzuge 1799 abgebrannte Schaffhauser Brücke, die man hier abgebildet findet. Derselbe erbaute im J. 1778 mit seinem Bruder Joh. Grubenmann eine gesprengte Brücke über die Limmat bey der Abtey Wettingen, die aber 1799 mit der Schaffhauser gleiches Schicksal hatte. Diese Brücke über die Limmat ist gleichfalls abgebildet, sie hatte nur eine Oeffnung, deren Weite 357′ betrug. „La solidité de sa charpente, sagt der V., encore mieux disposée que celle du pont de Schaffouse, était proportionnée à cette grande

ouverture." Worauf gründet der V. dieſes Urtheil? doch wohl nicht auf Vergleichungen mit der obigen Theorie? Dieſe Vergleichung mögte ihn wohl in Verlegenheit geſetzt haben. Und geſetzt, daß eine ſo angeſtellte Vergleichung für die Feſtigkeit der Brücke ſpräche; was leitete dann dieſe Landzimmerleute zu einer ſo gründlich zuſammengeordneten Verbindung von Theilen? Es folgen nun noch andere Schweizerbrücken mit ihren Zeichnungen. Die von Zürich hat eine Oeffnungsweite von 39 Meter. Die im J. 1764 von einem Luzerner Zimmermeiſter Joſeph Ritter, im Kanton Bern erbaute Kandelbrücke hat eine Oeffnungsweite von 50,7 Meter. Dieſe konnte wegen der hohen Ufer äußerſt einfach gebaut werden. Auch hat Gauthey ſelbſt einen Entwurf einer geſprengten Brücke beygefügt. Bey ſo großen Fortſchritten im Bau der hölzernen Brücken ſey aber doch, ſagt der V., die Brücke von Chazey über die Ain die erſte, bey welcher das eigentliche Princip, worauf es bey Brücken mit weiten Oeffnungen ankomme, beobachtet worden ſey. Hier liegt nämlich die Brükkenſtraße auf Bögen die aus Holzſtücken zuſammengeſetzt ſind, welche mit den Haupttramen der Brücke durch Hängeſäulen verbunden ſind, die mit den Bogenſtücken rechte Winkel machen. Ces pierres (p. 62.) muß ohne Zweifel heißen: ces pièces. Die Brücke von Mellingen über den Reuß ſey die erſte von Bedeutung, bey welcher dieſe Bauart angewendet worden. Sie iſt 1794 von oben genanntem Ritter erbaut worden. Sechs auf einander liegende Bal-

kenbögen, die nach einem Bogen von 60° gekrümmt sind, tragen die Dachtramen. Außerdem haben die unteren Tramen zu beyden Seiten der Brückenstraße auch noch einen dergleichen Balkenbogen zur Unterstützung. Jeder Bogenbalken ist 1 Fuß dick ins Gevierte von Tannenholz. **Migneron**, sagt der V. habe Mittel erfunden, den Balken ohne Beschädigung ihrer Fibern eine starke Krümmung zu geben, vielmehr gebe ihnen die dabey erforderliche Zubereitung eine noch größere Dauer. Bey einer Brücke bey Bordeaux — das ist alles, was der V. zur Bestättigung beyfügt — habe derselbe einen Versuch damit gemacht, und dieser Versuch scheine nicht gelungen zu seyn, aber die Bogenbalken seyen dabey kaum 6″ ins Gevierte stark gewesen. Drey auf einander liegende Balkenbögen, wovon jeder der Länge nach aus 2 Stücken bestand, bildeten dabey eine Oeffnung von 60′ Weite. Eine der wichtigsten Anlagen dieser Art in Frankreich sey die aus 5 Oeffnungen zu 82′ Weite bestehende Brücke von **Tournus** über die Saône. Die einzelnen Bogenbalken sind 0,24 Meter hoch und 0,27 Meter breit. Drey solche auf einanderliegende Balkenbögen bilden jedesmal eine ganze Bogenrippe von 60° Krümmung. Jede Brückenöffnung hat sechs dergleichen Bogenrippen, die mit ihren Enden auf Pfeilern von 15 Fuß Dicke aufsitzen. Von 2 zu 2 Metern ist eine Hängesäule nach der Richtung des zugehörigen Halbmessers angebracht und zwischen jedem Paare von Hängesäulen geht in der Mitte eine eiserne Schraube in der Richtung des

Halbmessers durch die Rippen, um die 3 Balkenbögen mehr zusammen zu zwängen. „Personne, sagt der V. S. 65, n'a donné plus d'extension à l'emploe des poûtres cintrés dans la construction des ponts de charpente que *M. Wiebeking*. Les bornes de cet ouvrage ne permettant pas de faire mention de tous ces ponts, nous ferons seulement connaitre ceux qui nous ont paru les plus remarquables." Der V. kannte damals noch nicht den 3ten Bd. von der Wiebekingschen Wasserbaukunst, wohl aber dessen vorher erschienenes Werk von den hölzernen Brücken. Die hier erwähnten und in Zeichnungen mitgetheilten Brücken sind die von München, Bamberg, Schardingen, Freysingen, Augsburg, Ettringen, Irsingen, Neuöttingen, Vilshofen, und Altenmarkt. *Sect. II. De l'établissement des ponts de bois*, p. 71—112. Zuerst von den Verpfählungen, Pfahlwerken, Pfahlwänden, Jochwänden. Der V. empfiehlt die Wiebekingsche Methode, die Jochwände durch Faschinenbau gegen die Gewalt der Eisgänge zu schützen, zieht aber doch steinerne Pfeiler vor (toutes les fois que la fondation n'en sera pas impraticable) weil doch allemal das Holzwerk der Jochwände eher zu Grunde gehen müsse als das der Brückenbögen. Er kommt nun zur ferneren Einrichtung der Gespärre oder Verspannungen zwischen den Jochwänden bey Jochbrücken, und der Bögen bey Bogenbrücken, und zur Bestimmung der Abmessungen einzelner Theile. Er geht bis zu Oeffnungen von 16 Met.

Inzwi-

Inzwischen wird diese Weite noch durch einen Umstand beschränkt, den der V. gar nicht in Erwägung gezogen hat, nämlich durch die Höhe, welche man der Brückenstraße über dem hohen Wasser geben kann. Ist diese nicht sehr bedeutend, so wird ein so weites Gespärre zu schwach. Ueberhaupt, sagt er zuletzt, sey jetzt die Bauart mit hölzernen Bögen als die vorzüglichste anerkannt. Er betrachtet nun die Art, wie ein Gespärre von 2 (einfachen, doppelten, dreyfachen ꝛc.) gegen einander gelehnte Sparren einer aufgelegten Last widerstehen, dann wie dieser Widerstand durch ein Gespärre von 3 — von 4 — ꝛc. solchen Sparren vergrössert wird. Jetzt kommt er auf die Nachtheile, welche mit einem sehr zergliederten oder aus vielen Sparren zusammengesetzten Gespärre verbunden sind, und wie die Verschwächung mit der Zergliederung zunimmt. Dabey giebt er den einfachsten Sätzen, die dem gemeinsten Zimmermanne bekannt sind, und bey welchen es in einer Anleitung zur Brückenbaukunde genug ist, daß sie der schlichte Menschenverstand anerkennt, ein sehr mathematisches Ansehen, beruft sich auf vorhergegangene Theorien (die nie ein Praktiker ansehen wird) und sogar auf den Traité de Mécanique de M. *Poisson* und auf die Mécanique analytique von Prony. So kommt er endlich auf die Folgerung, daß dergleichen Bogenrippen, wie sie der Ritter von Wiebeking angegeben hat (für den Poisson, Prony, Lagrange und alle jene Theorien so gut als nicht existirten) die größte Haltbarkeit geben. Er giebt eine Brückenöffnung mit 4

Bogenrippen zum Muſter, wo ſämmtliche Hängeſäulen eine lothrechte Stellung haben; „et on peut ad„mettre, ſetzt er hinzu, comme un principe général „que, dans tout systeme de charpente, chaque pièce „doit toujours être posée exactement dans le sens de „l'effort qu'elle supporte (p. 83.)"

Ein gröſſerer Kontraſt mit ſo vieler theoretiſcher Affektation läßt ſich kaum denken! Weil die Brückenſtraße und ihre zufällige Belaſtung lothrecht drücken, ſo ſoll aus dieſem Grunde, vermöge des aufgeſtellten allgemeinen Satzes alles was dieſe Laſt tragen zu helfen beſtimmt iſt, eine lothrechte Stellung erhalten! Aber der V. hat ſchief ſtehende Strebhölzer über den Bogenrippen angebracht. Dieſe werden alſo wohl eine Ausnahme machen? Daß aber überhaupt der Satz gegen alle Mechanik iſt, wenn auch gleich im vorliegenden Falle die lothrechte Stellung beibehalten werden kann, und daß in jedem einzelnen Falle auf die beſondere Art, wie die einzelnen Maſſen auf den Widerſtand des Ganzen wirken, Rückſicht genommen werden müſſe, iſt eine ſo offenbare Sache, daß wir es dabey belaſſen, den V. nur an die groſſen Brückenbauten von Gros zu erinnern, wo die ſchiefe Stellung der Hängeſäulen eine weſentliche Bedingung der Feſtigkeit iſt. Daß der V. bey ſeinen eigenen Bauten nicht nach jenen Theorien kalkulirt hat, verſteht ſich wohl von ſelbſt; daß er aber, auch ohne an ſolche Theorien zu denken, einen ſolchen Satz in einer praktiſchen Brückenbaukunde aufſtellen konnte, iſt kaum begreif-

lich. Wenn c die Weite der Oeffnung bezeichnet und f die Bogenhöhe, so setzt Wiebeking die Höhe, um welche ein Brückenbogen sich setzt, $= \frac{f}{50 . c}$, fichtene Bogenbalken vorausgesetzt. Bey dieser Angabe beläßt es auch der V. Pflaster oder überhaupt Steinweg auf der Brückenstraße verwirft er mit Recht, wegen der grossen Last, womit man auf solche Weise die Brücke ohne Noth beschwert. Die Geländer sind gewöhnlich von Holz, können aber auch von Eisen verfertigt werden. Nunmehr handelt der V. de la manière d'évaluer la force des bois dans les ponts de charpente. Er erkennt diese Bestimmung für sehr schwierig. Indem er die Hölzer wegen ihres abnehmenden Widerstandes so betrachtet, als ob sie von Jahr zu Jahr am Volumen verlöhren, wirft er die Frage auf; wobey die größte Oekonomie beobachtet werde; ob bey anfänglicher Vergrösserung ihres Volumens, oder bey anfänglicher Wahl der gerade zureichenden Stärke, so daß man früher zu Reparaturen schreiten müsse? Seine Beantwortung ist: „on reconnoit que, pour dépenser le moins possible, „on doit régler les dimensions des bois de manière à „mettre seulement leur résistance au dessûs de l'équi„libre — la veritable économie consiste à n'employer „que la quantité de bois exactement nécessaire pour „résister à la charge." Und nun folgt wieder eine lange Kette theoretischer Bestimmungen von p. 91 bis p. 111, wo der V. zu dem Resultat gelangt, daß der Widerstand in dem hier angenommenen Falle

um $\frac{1}{10}$ gröſſer als der nach ſeiner Theorie erforderliche ſey, und nun ſchließt er mit den Worten: „on „voit, que la force des bois est *suffisamment* au des„sus de l'équilibre, et que la durée du pont est *as*„*surée pour un certain nombre d'années.*" Welch ein Vertrauen! Wir geſtehen, daß uns etwas ähnliches bey teutſchen Schriftſtellern noch nicht vorgekommen iſt. Fürs erſte läßt es eine Theorie der Art noch ſehr ungewiß, ob ihr Reſultat auch nur die Hälfte deſſen erreicht, was wirklich zum Gleichgewicht erfordert wird, daß alſo jener Ueberſchuß von $\frac{1}{10}$ bey weitem noch nicht hinlänglich iſt, um nur wegen des momentanen Gleichgewichts völlig geſichert zu ſeyn. Hätte man aber auch mit Sicherheit für eine neu erbaute Brücke $\frac{1}{10}$ Widerſtand als Ueberſchuß über die brechende Kraft, was wäre dann mit dem *certain nombre d'années* eigentlich geſagt? ſind das 2 — 3 oder 20 — 30 Jahre? In einer Note (p. 99) ſagt der V. „le sommet d'une ferme n'est pas le point „où le poids d'une voiture agit avec le plus d'énergie „pour faire rompre le cintre. Ce dernier point est „situé vers le tiers de la demi-ouverture à compter „du sommet." Nach unſerer Meinung muß man von unten hinauf von der Wölbungslinie ein Stück abſchneiden, das der halben Bogenweite oder der halben Sehne des Bogens gleich iſt, um den Punkt der gröſten Schwäche zu erhalten. Bey einem Halbkreiſe kommt man dann beiläufig in die vom V. bemerkte Stelle, aber je flacher der Bogen iſt, deſtomehr nähert ſich unſer Punkt der Mitte des ganzen

Bogens, und bey völlig horizontalen Balken fällt er nach unserer Bestimmung in die Mitte des Balkens, wo er hin gehört, wohin ihn nämlich die Erfahrung bestimmt. *Chap. III. Des ponts de fer.* p. 113 — 142. Schon im J. 1755 habe man zu Lyon eine eiserne Brücke mit 3 Bögen, jeden zu 25 Meter weit, bauen wollen; und einer dieser Bögen sey sogar auf dem Arbeitsplatze schon zusammengerichtet gewesen, als man aus Sparsamkeit diesen Bau wieder aufgegeben und dafür eine hölzerne Brücke erbaut hätte. Die Brücke von Coalbrookdale in England über die Sewern (von 1773 bis 1779 erbaut) scheine die erste eiserne Brücke zu seyn. Sie besteht aus einem einzigen 30,62 Meter weiten Bogen, der sehr nahe einen völligen Halbkreis bildet. Der V. theilt noch mehrere Entwürfe eiserner Brücken in England mit, die zum Theil auch wirklich erbaut worden sind. Unter den vom V. erwähnten englischen eisernen Brücken zeichnet sich vorzüglich die von *Sunderland* über den Wearfluß aus. Sie besteht aus einem Bogenstück zu 71,91 Meter weit und 10,36 Meter hoch; seine untere Stützpunkte (wo der Bogen aufsitzt) sind 29 Meter über das Flußbett erhaben. Die Brückenöffnung enthält sechs solche Bögen in einem Abstande von 1,83 Meter von Mitte zu Mitte gerechnet. Die erste eiserne Brücke in Frankreich ist die vom Louvre in Paris über die Seine. (1803.) Sie hat 9 Oeffnungen zu 17,34 Meter Weite; in jeder Oeffnung hat sie 5 Bögen in einer Entfernung von 2,435 Meter von Mitte zu Mitte; die Bogenhöhe beträgt

3,25 Meter. Sie ist von *Cessart* entworfen und von *Dillon* mit einigen Abänderungen ausgeführt. Die einzelnen Bögen sind durch kurze flache Zwischenbögen, die also über die Pfeiler hinlaufen, unter einander verbunden, so daß diese Verbindungsbögen gleichfalls tragen helfen. Die Eisenmasse der Hauptbögen ist 6 Zoll hoch und 3 Zoll breit. Davon, daß diese uns etwas zu nackt scheinende Bögen grosse Lasten zu tragen haben, sagt der V. nichts. Die Brücke von Austerlitz hat 5 bey weitem massivere Bögen zu 32,36 Meter Weite, die auf 3 Meter dicken Pfeilern aufsitzen, in einer Höhe von 6,8 Metern über dem niedrigen Wasser. Die Bögen sind 3,236 Meter über ihrer Sehne hoch. Jeder Bogen d. h. jede Brückenöffnung hat 5 einzelne Bögen in 2,02 Meter Abstand von einander.

Am Schlusse dieses Abschnitts werden noch die beiden Schriften von Reichenbach und Wiebeking erwähnt, worin solche den Bau eiserner Brücken aus Röhren vorschlagen. Da Gauthey schon 1807 gestorben ist, so versteht es sich von selbst, daß dieser Schluß (der aber nicht in den fortlaufenden Text von Gauthey gehört hätte) vom Herausgeber beigefügt worden ist. Dieser hat es nicht der Mühe werth geachtet, ein paar Zeichnungen von diesen Konstruktionen beizufügen. Er sagt sogar von der Reichenbachschen Einrichtung kein Wort, sondern gedenkt nur mit Wenigem des Wiebekingschen Vorschlags. In einer Note bemerkt er noch, daß Wiebeking gar nicht behaupte, daß Hr. v. Reichenbach nicht auch für

sich auf eine ähnliche Idee hätte kommen können, meint aber doch, daß Gauthey diese Idee, mit Röhren zu bauen, früher als Beide gehabt und besser als Hr. v. Wiebeking benutzt habe: „On a vue ci-„dessus que M. Gauthey a eu depuis long temps cette „idée, dont il nous semble avoir tiré un bien meil-„leur parti que M. Wiebeking." Auch noch die zu zweierley Zweck von Wiebeking getroffenen Einrichtungen, fügt er hinzu, ont été indiquées par M. Gauthey dans des memoires et des rapports composés en 1799 et 1800, *et qui, de cette époque ont été connus de divers ingénieurs et copiés par les élèves de l'ecole des ponts et chaussées.* Wir halten u s überzeugt, daß Herr v. Wiebeking seine Ideen so wenig von einem Franzosen als Hr. v. Reichenbach die seinigen von Herrn v. Wiebeking entlehnt hat. Ein Genie wie Reichenbach bedarf keines Vorgängers und uns ist bekannt, daß Hr. v. R. seine Aufmerksamkeit auf die Konstruktion aus Röhren schon vor mehr als 20 Jahren gerichtet hatte. Der V. ist übrigens der Meinung, daß gegossene eiserne Rahmen mit Diagonalstäben die solideste Konstruktion eiserner Brücken gebe. Uebrigens zeigt er in einer beigefügten Berechnung, daß in Bezug auf Zusammenziehung und Ausdehnung des Eisens bey verschiedenen Temperaturen nichts zu fürchten sey. Die Theorie der Festigkeit hat auch hier grosse Schwierigkeit. Die hier vom V. angegebenen Formeln sind sehr einfach und können in Bezug auf die Bestimmung der Dicke der Widerlager ihre Dienste leisten.

Wegen der Verschiedenheit in den Einrichtungen vorhandener eiserner Brückenbögen ist es schwieriger als bey steinernen allgemeine Sicherheitsbestimmungen aus der Erfahrung für eiserne Brücken abzuleiten. Eine lange Note mit Erfahrungen über die Stärke des Eisens macht den Beschluß dieses Kapitels. *Chap. IV. Des ponts mobiles* p. 153 — 172. Ins besondere des ponts-levis bis p. 158; des ponts à bascule bis p. 161; des ponts roulants bis p. 167; des ponts tournants bis p. 172. Diese verschiedenen Gegenstände sind hier nur kurz behandelt.

Livre quatrième. Des détails de la construction des ponts et de l'évaluation des prix des ouvrages. p. 173 — 396. *Chap. I. De l'établissement des fondations.* p. 173 — 194. Nur Felsboden gestattet unmittelbares Aufsetzen von Mauerwerk. Ist das Wasser nicht über höchstens 6′ tief, so läßt sich der hierzu bestimmte Platz umdammen, dann von Wasser befreyen und nunmehr die Aufführung des Mauerwerks gehörig vornehmen. Es schadet nicht, wenn die zugerichtete Grundfläche nach der Richtung des Drucks etwas steigt. Bey bedeutenderen Tiefen, die keine solche Verdammung und Ausschöpfung hoffen lassen, soll man Kästen versenken, deren Wände aus lothrecht neben einander gesetzten Bäumen bestehen und die keinen Boden haben. Es kommt also hierbey auf die Art der Zusammensetzung dieser Bäume, auf die Transportirung des Kastens, auf die Niedersenkung desselben und auf seine Ausfüllung an. Von der Zusammensetzung sagt der V. nichts weiter,

als daß man bey den Wänden auf die durch vorhergegangenes Sondiren des zum Fundament bestimmten Platzes gefundene Ungleichheit des Bodens Rücksicht nehmen müsse. Daß dieser Forderung nur sehr unvollkommen Genüge geschehen könne, fällt von selbst ins Auge. Die Zusammensetzung und der Transport, sagt der V., könne auf einem Flöße geschehen, das durch Fässer erhalten werden könne; das allmälige Niederlassen des Kastens werde durch successive Wegnahme der Fässer bewirkt. Daß hiermit das Flöß sammt dem darauf stehenden Kasten zum Sinken gebracht werden könne, ist wohl begreiflich; wie aber die Versenkung des Kastens ohne das Flöß geschehen solle, wovon hier eigentlich die Rede ist, das hat der V. ganz übergangen. Nach unserer Einsicht müßte auf dem Flöß nach der Seite, wo der Kasten hingebracht werden soll, eine aufwärts steigende Pritsche (schiefe Ebene) angebracht werden, auf welcher der Kasten mittelst Walzen gegen das Wasser hingeschoben würde, weil das Flöß an diesem Ende bey Hinwälzung des schweren Kastens nothwendig sinken muß. Der Kasten müßte dabey selbst mit einer hinlänglichen Anzahl von Fässern von etwas grossem Durchmesser verbunden seyn. Diese Verbindung kann durch Seile geschehen, so daß die Fässer zwar nahe über dem unteren Rande des Kastens schwimmen, doch aber die Seile durch einige unten, in der Mitte und oben am Kasten angebrachte eiserne Ringe so durchgezogen sind, daß sie allemal an dem noch über dem Wasser hervorstehenden Theile

des Kastens leicht abgehauen und hiermit das allmälige Tiefersinken desselben bewirkt werden kann. Ist der Kasten niedergelassen, so läßt sich durch lange mit Haken am unteren Ende versehene Stangen leicht sondiren, an welchen Stellen der Kasten noch nicht auf dem Boden aufsitzt. Die Pfähle, sagt der V. welche den Boden noch nicht erreicht haben, können durch die Ramme vollends niedergetrieben werden, ohne vorher den Bau des Kastens angegeben zu haben, der dieses Niedertreiben begreiflich machte. Wir finden solches etwa dadurch ausführbar, daß wir an jedem einzelnen Baume oder Pfahl der ganzen Länge nach von oben bis unten auf der einen Seite einen schwalbenschwanzförmigen Vorsprung, und an der gegenüberstehenden eine dergleichen Rinne ausfauen lassen, so daß jeder Pfahl auf diese Weise von oben herab gemächlich in die Rinne seines Nebenpfahls eingeschoben werden kann. Jeder Eckpfahl des parallelepipedischen Kastens erhält hiernach 2 dergleichen Rinnen. Diese Konstruction der Kastenwände gestattet nunmehr das Nachtreiben aller Pfähle, aus welchen die Wände zusammengereihet sind, wenigstens bis zum festen Stande auf dem Boden.

Aber noch eine Erinnerung scheint uns nicht übergangen werden zu dürfen. Ein so gebauter fichtener Kasten wird nämlich, wenn die Wände nicht in einem gewissen durch das spec. Gewicht zu bestimmenden Verhältnisse über den Wasserspiegel hervorragen, im Wasser schwimmen, auch wenn alle Fässer abgelöst werden. Bey etwas tiefen Flüssen wird man

daher genöthigt seyn, einiges Gebälke oben über die Mitte des Kastens zu legen und solches mit Steinen zu beschweren. Um dem Kasten selbst noch eine grössere Haltbarkeit zu verschaffen, darf man ihn nur von außen ringsum etwa von 2 zu 2 Fußen mit starken Gevieren (Jöchern) umgeben. Durch den Kasten selbst würden wir keine Hölzer zu ziehen rathen. Bey dieser Bauart finden wir nicht nöthig den Kasten nach oben zu verjüngen, um die Gevier desto besser antreiben lassen zu können; diese Verjüngung ist mit manchen Unbequemlichkeiten verbunden. Werden die einzelnen neben einander stehenden Wandpfähle von außen gehörig geebnet, so daß sie von außen eine ebene Fläche bilden, so lassen sich jene Jöcher passend genug anlegen, ohne daß sie das Niedertreiben einzelner Pfähle verhindern. Beym Ausfüllen des Kastens mit Gestein werden die Wände noch dichter an die Jöcher angepreßt. Uebrigens muß man aber solche Kästen nicht blos mit Gestein ausfüllen, sondern bey dieser Ausfüllung mit eingeschüttetem Ziegelmörtel abwechslen. Der Ziegelmörtel kann nach unserem Ermessen zum letztenmal eingeschüttet werden, wenn man mit der Ausfüllung bis zu etwa $\frac{3}{4}$ Fuß unter das niedrigste Wasser gekommen ist. Jetzt kann man die Vorschrift des V. befolgen, die Ausfüllung in diesem Zustande 1 Jahr lang stehen zu lassen, damit sie sich gehörig setze; nur rathen wir, zur Beförderung des Setzens, die ganze so vollzogene Ausfüllung noch 3—4 Fuße hoch mit grösen Steinmassen zu beschweren, und so be-

schwert sie 1 Jahr stehen zu lassen. Nach einem Jahre werden die zur Beschwerung aufgelegten Steine weggeräumt, die Wandpfähle bis zu etwa 1 Fuß unter dem niedrigsten Wasser abgeschnitten, wie solches der V. auch verlangt, und die 4 Wände mit einem Gevier belegt, das mit langen starken Nägeln und Zugbändern auf die Pfahlköpfe befestigt wird. Auch die 4 Jochbalken müssen an den 4 Ecken sowohl innerhalb als außerhalb dem Gevier mit starken eisernen Bändern (Winkeleisen) noch unter einander befestigt werden. Der V. giebt noch den Rath, große nur rauh behauene Steinmassen ringsum an den Wänden des Kastens in einigem Abstande von einander hinabzulassen (qu'on peut descendre avec assez de régularité), so daß sie der Länge nach in das Mauerwerk eingreifen. Wie der V. hierbey eine Regelmäßigkeit beobachten will, begreifen wir nicht. Vielmehr fürchten wir eben wegen der Unmöglichkeit einer regelmässigen Lagerung eine sehr ungleichmässige Haltbarkeit im Ganzen und hieraus entstehende nachtheilige Folgen. Lieber rathen wir die Umgebung eines solchen Kastens mit Faschinenbau, dergleichen Wiebeking bey Jochwänden angebracht hat. Uebrigens versteht es sich, daß ein solcher Kasten lang genug seyn muß, um auch noch die Schutzpfeiler oder Vorköpfe über der Oberfläche der so erhaltenen Fundamentmauer aufführen zu können. Man wird vielmehr die Fundamentfläche überall wenigstens um $1\frac{1}{2}$ Fuß noch hervorspringen lassen. Wenn übrigens der V. von Bohrlöchern spricht, in welche die Pfähle

eingesetzt werden könnten, wenn solches für durchaus nothwendig geachtet würde, so halten wir solches für vollends unausführbar. Ich habe zwar selbst durch 80′ tiefes Wasser in Felsen gebohrt, aber nicht in Flüssen sondern in Schächten, wo es hinlänglich war ein Bohrloch zu haben. Aber in einem Strohme eine Reihe von Bohrlöchern anzubringen, in welche die Enden sovieler Wandpfähle einpaßten, mögte ein schweres Problem seyn. Auch wäre nicht abzusehen, zu welchem Nutzen? denn solange die Pfahlwände im Wasser halten, steht auch das Mauerwerk fest. Und der V. sagt sehr bestimmt (p. 177) „On sait que les bois se conservent dans l'eau". Daß aber die Einlassung der Wandpfähle in Bohrlöcher zur längeren Dauer des Holzes nichts beytragen kann, ist für sich klar. Es kann also beym Gebrauch der Kästen die Bedingung (Si l'on jugeait absolument necessaire de faire pénétrer la pointe des pilots dans le rocher) des Eindringens in den Boden vernünftiger Weise gar nicht eintreten. Von Kästen mit einem Boden hat der V. gar nichts gesagt, so brauchbar sie auch bey großen Ströhmen sind, wie beym Mayn, der Donau, der Elbe, dem Rhein u. dgl. Solche Kästen sind leicht auf das Wasser zu bringen, und allmälig zu versenken. Sie werden nämlich auf Balken, die man an den oberen Rand einläßt, mit Steinmassen beschwert, und die Fugen des Kastens lassen allmälig Wasser durch, so daß die Senkung leicht und langsam, ohne Verbindung mit Fässern, geschehen kann. Auch bedarf man in diesem Falle

keines Flößes, um den Kasten auf die Stelle des Flusses zu bringen, wo er niedergesenkt werden soll. Er wird mit einem sehr festen Rost erbaut, so daß jetzt die Wände aus horizontal auf einander liegenden Balken bestehen, die durch Klammhaken fest an einander gezogen werden. Der Kasten erhält eine dem Pfeiler mit seinen Vorköpfen ähnliche Gestalt. Zu größerer Befestigung werden starke Hölzer (Wandruthen), die in lothrechter Stellung vom Boden bis zum obersten Balken reichen, an die Wände so angelegt, daß sie unten in den Boden und oben in einen Querbalken eingreifen. Wenn es wahr ist **que les bois se conservent dans l'eau** (p. 177), so kann man auch zwischen einzelnen Paaren einander gegenüber angebrachter Wandruthen Balken durch den Kasten durchlaufen lassen. Um uns inzwischen nicht ganz auf die ewige Dauer des Holzes zu verlassen und wenigstens darauf Rücksicht zu nehmen, daß es im Wasser in einer langen Reihe von Jahren erweicht und einem großen Druck immer mehr nachgiebt, bleibt es sehr rathsam, bey der nachfolgenden Aufführung des Pfeilers die Werksteine so zu legen, daß sie für die durchgehenden Balken Kanäle bilden, welche keinen Druck auf die Balken, weder von oben noch von den Seiten zulassen und selbst als offene Durchgänge dem Pfeiler nicht nachtheilig werden könnten, doch so daß sich die Steinflächen, welche einen solchen Kanal bilden, sich ringsum an die Seitenflächen des Balkens anschließen.

In Bezug auf das Versenken des so eingerichte-

ten mit dichtem Boden versehenen Kastens bemerken wir noch folgendes. Der Boden des Flußbettes wird da, wo der Pfeiler begründet werden soll, vorher durch eingeschüttetes mit Ziegelmörtel vermischtes Gestein auf eine Fläche die etwa doppelt so groß als die erforderliche Grundfläche des Pfeilers ist, verschüttet und nach Möglichkeit abgeebnet. Es bedarf hierzu keiner ängstlichen Anstalten, weil der nachfolgende Druck des sinkenden Kastens diese Abebnung vollendet. Diese Verschüttung muß einige Fuße über die größte Erhöhung des Flußbettes hinaufreichen. Rings um diese Verschüttung herum werden große Steinmassen zu 6 bis 12 Zentner schwer auf- und neben einander gelagert, bis sie eine Höhe von 3 — 4 — 5 Fußen erreicht haben. Der Kasten wird nun an die bestimmte Stelle gebracht, in deren Nähe einige Schiffe an Anker liegen, mit welchen der Kasten durch Seile verbunden wird. Man kann aber auch, wie oben bey den Fässern, Seile durch angebrachte Ringe an der äusseren Wandfläche des Kastens von unten nach oben laufen lassen, so daß das obere Ende um eine Haspelwelle lauft, das untere aber durch einen versenkten Anker festgehalten wird, welches wir dem vorigen Verfahren noch vorziehen. In den so erhaltenen Kasten werden nun an der inneren Wand (am besten an der strohmabwärts liegenden) mehrere Pumpen und Scheibenpaternosterwerke eingesetzt, um das eindringende Wasser auszuschöpfen. Der dichte Bau des Kastens macht diese Arbeit sehr leicht, so daß das Wasser ohne

Schwierigkeit in der geringen Höhe von 3 — 4 Zollen über dem Boden anfänglich erhalten werden und der Boden durchaus (bis auf die zu den Maschinen erforderlichen Plätze) mit Werksteinen mittelst Ziegelmörtel belegt werden kann. Jeder Maschine giebt man eine Grube von regulärer genau bestimmter Form, deren Grundfläche z. B. 18″ ins Gevierte betragen kann, um zum voraus einen oder zwey Werksteine zurichten zu können, die zu 3 Fuß hoch eine solche Grube ausfüllen. Ist das Mauerwerk 3½ — 4 Fuß hoch aufgeführt, wobey zugleich der Kasten tiefer gesunken ist, so kann man mit Schnelligkeit die Maschinen erheben, jene zugerichteten Steine in die Gruben einlassen, auf solche die Maschinen wieder aufsetzen, das Wasser wieder ausschöpfen, das Mauerwerk aufs Neue erhöhen u. s. f. Für Einsetzung von Scheibenpaternosterwerken könnte die jedesmalige Grubenweite etwa 2 Q. F. (die Grundfläche zu 1′ breit und 2′ lang) betragen. Während dem Aufbauen und dabey erfolgendem Sinken des Kastens muß darauf gesehen werden, daß der Kastenboden beständig in wagrechter Lage oder die Wände in lothrechter Stellung erhalten werden. Vorzüglich muß hierauf geachtet werden, wenn der Kasten den Boden wirklich erreicht hat und solchen niedriger zu drucken anfängt. Dieses kann theils durch Verrückung der grossen Steinmassen geschehen, womit man gleich anfänglich das über den Kasten gelegte Gebälke beschwert hatte, theils durch die stückweise Aufmauerung selbst geschehen. Ist man bis zu 1′ über dem niedrigen

Wasser

Wasser hinaufgekommen, so nimmt man die Balken der Wände (bey niedrigem Wasser) bis zum niedrigsten Wasser von oben herab weg, und führt die Pfeiler bis zur bestimmten Höhe in der vorgeschriebenen Stärke vollends auf. Auch die so erbauten Pfeiler können noch durch Faschinenbau geschützt werden. Die vollendeten Pfeiler werden noch mit grossen Steinmassen beschwert, und so läßt man sie ein Jahr lang stehen, während dem man dann sorgfältig ihr Setzen beobachten und darauf achten muß, daß dieses Setzen gleichmässig erfolge. Wir hoffen, daß diese ergänzenden Bemerkungen zu der Kastenmauerung, die in einem Werke, dem der V. zwey Quartanten widmete, nicht so oberflächlich, wie es geschehen ist, hätte berührt werden sollen, solchen Lesern dieser Blätter, welche Interesse für den Brückenbau haben, nicht unangenehm seyn werden. Im bisherigen wurde Felsenboden vorausgesetzt. Nunmehr *des fondations sur pilotis.* Begründung der Pfeiler auf Pfählen setzt weicheren Boden voraus, der jedoch auch steinicht seyn kann, wenn er nur dünne geschichtet ist, indem grosse Rammklötze beschuhte Pfähle auch noch durch 5 — 6 Zolle dicke Steinschichten von ziemlicher Härte durchtreiben. Der V. der in seinem Werk bis hierhin so freigebig mit Theorien war, die zu nichts führen, sagt in Bezug auf die Theorie der Ramm-Maschinen kein Wort. Dagegen sagt er S. 178: „On bat les pilots jusqu'à ce qu'ils „n'entrent plus (bis zum Stehen), ou du moins „jusqu'à ce qu'ils n'entrent plus que de deux ou trois

„millimètres par volée" (bis sie nur noch etwas weniger oder mehr als eine Linie tief bey einem Schlage eindringen). Diese Bestimmung ist zu allgemein, weil es dabey auf Fallhöhe, Gewicht des Klotzes, Gewicht des Pfahls, Anzahl der Pfähle und Grösse der auf dem Pfahlwerk aufzuführenden Last ankommt. Wir müssen hierbey dem Leser die für die Ausübung höchstwichtige Bemerkung machen, daß besonders bey elastischem Boden, wohin auch der Sandboden gehört, Vergrösserung des Gewichts des Rammklotzes bey weitem nützlicher als Vergrösserung der Fallhöhe ist, nach einerley Verhältnisse verstanden. Auch bey nicht elastischem Boden tritt derselbe Erfolg nur in geringerem Maaße ein. Jede Materie äußert desto stärkere Wirkungen der Elasticität, je größer die Geschwindigkeit ist, die den Stoß begleitet. Nachtheilige Wirkungen der Elasticität sowohl des Bodens als des Pfahls selbst können daher den Effekt der Schläge ungemein vermindern, und ein Rammklotz von 10 Zentnern kann daher bey einer Fallhöhe von 15′ sogar weniger leisten als ein Rammklotz von 15 Zentnern bey einer Fallhöhe von 5′; und da überdas Schlag auf schlag wiederum mehr wirkt als nach einander folgende Schläge mit bedeutenden Zwischenzeiten, so muß man nicht, wie der V. Kunst- sondern Zugrammen gebrauchen. Wenn der V. von Pfählen, die in weicherem Leimen eingetrieben werden, sagt, daß nach dem Eintreiben einer gewissen Anzahl von Pfählen endlich fernere Schläge ohne Wirkung blieben, indem der durch einen Schlag tie-

fer getriebene Pfahl das Erdreich um sich her nur erhöhe, das sich dann nachher wieder setze, und den Pfahl wieder ganz in der Stellung zeige, die er vorher hatte, so ist dieses doch hauptsächlich nur der Fall bey Kunstrammen. Bey Zugrammen erfolgen die Schläge zu schnell nach einander, als daß in der kurzen Zeit zwischen 2 Schlägen das Erdreich sich wieder ganz setzen könnte. Zuerst kommt nun der V., in Bezug auf Pfahlbegründung, auf diejenige, wobey der Bauplatz umdammt und dann vom Wasser befreit wird. Es habe schon seine große Schwietigkeit, die Wasser in diesem eingedammten Raume 6′ tief unter das niedrigste Wasser (eigentlich überhaupt unter den äußeren Wasserspiegel) zu treiben. Bey einer Tiefe von 9 F. sey dieses Verfahren schon unausführbar. Wenigstens läßt sich dieses bey sandichtem Boden insofern behaupten, als man nicht mit Schwierigkeiten wird kämpfen wollen, deren wirkliche Beseitigung noch ungewiß, allemal aber in Vergleichung mit andern möglichen Begründungen unverhältnißmässig groß ist. Daher kommt nun der V. auf die Kastenmauerung, in der Voraussetzung, daß man es jetzt mit keinem Felsenboden zu thun habe. Hat man einen nachgiebigen oder sandichten Boden, oder auch groben Grand, der dem Angriffe des Wassers und der Wegführung ausgesetzt wäre, so fällt freilich ins Auge, daß keine der oben angegebenen beyden Arten von Kastenmauerung anwendbar wäre, weil das Ganze dann auf einen abbrüchigen Boden gesetzt würde. Inzwischen giebt es doch guten Thon

oder Leimenboden, wobey eine jener Kastenmauerungen noch ihre Anwendung fände. Allemal bleibt aber hierbey das sicherste Verfahren das bey der Brücke von Saumur von *Voglie* befolgte und von *Cessart* noch dadurch vervollkommte, daß dieser eine sinnreiche Maschine angegeben hat, wodurch eingerammte Pfähle in großer Tiefe unter dem Wasser nach einer einzigen horizontalen Ebene abgeschnitten werden können. Hiernach wird der Kasten auf ein solches horizontal abgeschnittenes Pfahlwerk aufgesetzt. Dieses Verfahren, sagt der Verfasser (p. 182) sey seit jener Zeit häufig in Anwendung gekommen. Nach dem, was von der Kastenmauerung vorhin schon gesagt worden ist, bleibt hier nur noch zu bemerken, daß das Pfahlwerk, auf welches der Kasten aufgesetzt oder allmälig versenkt werden soll, zwischen den Pfählen und noch ringsherum mit Gestein verschüttet wird. Die Verschüttung innerhalb dem Pfahlwerk wird mit Ziegelmörtel vermengt; ringsum aber verlangt der V. mit Recht, daß nur trokkenes Gestein gebraucht werden soll. Er bemerkt noch, daß in tiefen Wassern auch mit den schwersten Rammbären die Pfähle keine große Tiefe im festen Grunde erreichen können — „Soit parceque leur pe-„santeur spécifique étant moindre que celle de l'eau, „ils tendent à se soulever, soit plutôt parce que leur „grande longueur leur permettant de plier sous le „coup de monton, la plus grande partie de la force „de ce coup est employée à causer cette flexion, „et il n'y en a peu d'utilitée pour l'enfoncement du

„pieu". Wie es einem Theoretiker möglich war, die ſtatiſche Wirkung des Erhebens hier auch nur als einen Nebengrund vom ſchwierigeren Eintreiben eines Pfahls zu denken, iſt kaum begreiflich 1) weil die ſpec. Schwere des Eichenholzes, welches der V. vorausſetzt, von der des Waſſers ſehr wenig verſchieden iſt 2) weil, wenn auch der Pfahl mit ſeinem ganzen Gewicht nach oben wirkte, dieſe Wirkung in Vergleichung mit der Wirkung eines Schlags verſchwände, und 3) weil bey dem am unteren Ende vom Boden ganz umgebenen Pfahl gar keine hydroſtatiſche Wirkung der Art ſtatt findet. Um eichene Pfähle von bedeutender Länge tief einzutreiben müßte man ſie koniſch abrunden, ſo daß ihr Durchmeſſer zu unterſt nicht über 10″ betrüge, dieſer aber nach oben von Fuß zu Fuß um $\frac{1}{10}$ Zoll größer würde. Auch müſſen ſie in einen ſtarken eiſernen Fuß ſich enden, und müſſen mit einem 15 Zentner ſchweren Bär an einer Zugramme eingeſchlagen werden. Der V. macht die Bemerkung, daß das tiefe Abſchneiden der eingerammten Pfähle zur Gewinnung einer tiefen Begründung nichts nutzen könne, und daß es einerley ſeyn müſſe, ob die Grundfläche des Mauerwerks 0,3 Meter oder viel tiefer unter der Oberfläche des niedrigſten Waſſers liege, wenn nur das Pfahlwerk zu allen Zeiten ganz vom Waſſer bedeckt bleibe. Ohne Zweifel iſt ſeine Meynung, in Bezug auf Feſtigkeit komme es eigentlich nur darauf an, daß die Pfähle ſo tief als möglich in feſten Grund eingreifen, wenn aber einmal die größtmög-

liche mit dem Eintreiben erreicht sey, so sey es nachher gleichgültig, ob die Grundfläche des Kastens höher oder tiefer liege. Wir hingegen, und hoffentlich alle Leser mit uns, sind der Meynung, daß die so begründete Kastenmauerung dann die solideste seyn würde, wenn alle Pfähle geradezu über dem Boden abgeschnitten werden könnten, so daß z. B. der, welcher am höchsten hervorragte, etwa nur 2 Zoll über den Boden hervorstände, und daß es schlimm um die Brücke aussehen würde, wenn ohne sehr tiefes Eintreiben z. B. kein Pfahl um weniger als 2o' über den Boden hervorragte. Sowohl in Rücksicht auf den Widerstand, welchen Pfosten in lothrechter Stellung einem lothrechten Druck zu leisten vermögen, als in Rücksicht auf den von den nachher aufgesetzten Bögen herrührenden Seitendruck, welchen längere Pfähle auszuhalten haben, ist unsere Behauptung aus den ersten Anfangsgründen der Statik zu offenbar, als daß wir noch einen besonderen Beweiß nöthig erachten könnten. Wenn inzwischen die Verpfählung so geschieht wie wir angegeben haben, die Zwischenräume gehörig mit Gestein ausgefüllt werden, dann das Pfahlwerk mit einem starken Rost belegt, dieser gehörig ausgemauert und mit einem starken Dihlboden bedeckt, auch nach Beschaffenheit der Umstände das ganze Pfahlwerk noch durch einen Faschinenbau geschützt wird, so ist es immer genug, wenn die Grundfläche des aufgebauten Pfeilers nur 6″ tief unter dem niedrigsten Wasser liegt. Uebrigens verdient in Bezug auf Dauer des Holzes im

Wasser das Beyspiel bemerkt zu werden, welches der V. S. 183 aus den *Preuves de la Théorie de la terre de Buffon* art. 18 anführt. Zu Anfang des vor. Jahrhunderts ließ der damalige teutsche Kaiser das Holz an einer vom Trajan erbauten Brücke über die Donau untersuchen: „Quoiqu'il se fût passé plus „de seize siècles depuis que le pilier en question était „dans le Danube, elle n'y avoit pénétré tont au plus „qu'à l'épaisseur de trois quarts de pouce, et même „à quelque chose de moins; le reste du bois, *peu dif-* „*férent de l'ordinaire*, ne commançait qu'à se calciner." Dieses in der That merkwürdige Beyspiel kann uns veranlassen, die hölzernen Bogenbrücken nicht auf Jochwände nach Wiebekings Weise zu setzen, sondern auf steinerne Pfeiler, welche über einem mit einem Rost belegten Pfahlwerk aufgeführt werden, so daß die Grundfläche des Mauerwerks etwa noch $\frac{1}{2}$ Fuß tief unter das niedrigste Wasser zu liegen kommt. Bey einem solchen Pfahlwerk wird in den 4 äußeren Pfahlreihen Pfahl an Pfahl eingetrieben. *)

Da übrigens die Aushölung des Bodens zwischen den Pfeilern den Brücken so sehr gefährlich ist, so bleibt es immer eine höchstwichtige Maaßregel, ein genaues Breitenprofil vom Flußbette längs der ganzen Brücke zu verzeichnen, von Jahr zu Jahr den Boden zwischen den Pfeilern unterhalb der Brücke zu

*) Daß übrigens an Stellen, wo z. B. die kleinste Wassertiefe 20′ betrüge, das Eintreiben der Pfähle schon schwierig zu werden anfangen müsse, ist sehr begreiflich.

fondiren und vorfindliche entstandene Vertiefungen mit großen Steinmassen auszufüllen, bis die Wirkung der Vertiefung verschwindet. Bey sehr schlechtem Boden kann eine solche Ausfüllung schon gleich nach Vollendung von ein paar Pfahlwerken vorgenommen werden. Auch kann man bey einem so schlechten Boden vor- und hinter der Brücke in einigem Abstande von den Vorköpfen der Pfeiler eine der Brücke parallel laufende Reihe von Pfählen einschlagen und zwischen solchen Faschinenwerke anlegen, welche zwischen den Pfeilern durchlaufen und dem Boden zum Schutz dienen. Die Faschinendecke kann auf eine Art von Flöß, das man aus geringen Fichten oder Förlen zusammensetzt, aufgelegt und mit solchem unter allmäliger Erhöhung versenkt werden. Diese Versenkung hat keine Schwierigkeit. Nach dem Versenken kann diese Faschinendecke noch mit eingeschüttetem Gestein belastet werden. Es kann auch eine solche Faschinendecke die aus abwechselnden Schichten von Faschinen, Grand und gröberem Gestein besteht, nach der ganzen Brückenlänge in einer Breite, welche 3 mal so groß als die Länge der Brückenpfeiler mit Inbegriff der Vorköpfe ist, versenkt werden, so daß man dann erst die Pfahlwerke zur Begründung der Pfeiler anfängt also die Pfähle durch die Faschinendecke durchtreibt. Der V. giebt für sehr schlechten Boden ein anderes Verfahren an, welches auch bey Begründung der über die *Allier* erbauten Brücke von *Moulins* beobachtet worden sey, weil solche über ein Sandlager wegfliese, dessen

Tiefe man durch Sondiren nicht habe erforschen können. Man legte nach der ganzen Breite des Flusses zuerst für die eine Hälfte dann für die andere) ein künstliches Bett an. Man räumte nämlich den Sand auf und glich ihn ab, so daß man damit 3,25 Meter tief unter das kleinste Wasser kam; über diese Sandfläche verbreitete man 0,32 Meter hoch Leimenerde, und bedeckte dann die ganze Fläche (die 3mal so breit als die Brücke war) mit dicht an einander stossenden Dihlen, indem man solche mit Steinen beschwerte. Die ganze Fläche (jedesmal bis zur Hälfte der Flußbreite) war vorher umdammt. Nach jener Zurichtung des mit Steinen beschwerten Dihlbodens wurde das Wasser ausgeschöpft et malgré la grande étendue de ces enceintes les épuisements ont été très peu considérables (p. 191). Die ganze Brücke besteht nämlich aus 13 Bögen zu 19,5 Meter Weite, die Pfeilerdicke beträgt 3,57 Meter und die Brückenbreite mit Inbegriff der Geländer 13 Meter (p. 84 im 1ten Bde.). Ueber der hiernach bestimmten Fläche wurde nun eine 2 Meter hohe Fundamentmauer aufgeführt, und auf diese die Pfeiler gebaut. Um allem Angriffe des Sandes unter dem künstlichen Bette noch mehr zu begegnen, wurden oberhalb der Brücke 2- und unterhalb derselben 3 Reihen Dammplanken in einem Abstande von 4—5 Meter von einander eingeschlagen, und über jede Reihe Bundbalken gelegt. Zwischen diesen Plankenreihen wurde der Sand aufgeräumt und nun die Zwischenräume mit Steinen ausgefüllt. Wie hoch diese Plankenreihen waren,

wird nicht angegeben, auch nicht wieweit die einzelnen Planken in einer Reihe von einander abstanden. Ohne Zweifel gieng das kleinste Wasser noch 1 Fuß hoch über die Plankenwände weg, und wahrscheinlich wurden die Planken dicht neben einander eingeschlagen. Indessen muß dieses mit Behutsamkeit und Umsicht auf die Umstände nachgeahmt werden, nämlich nur in solchen Fällen, wo die daraus entstehende Rückstauung nicht schädlich werden kann. Inzwischen ist das hier angegebene Verfahren mit großen Schwierigkeiten verbunden und außerordentlich kostspielig, wogegen unser vorher beschriebenes Verfahren sehr leicht auszuführen und bey weitem weniger kostspielig ist. Da wir das vorliegende Werk nach der Ordnung seiner Sätze durchgehen, stoßen wir am Schlusse dieser Lehre auf eine Note, worin der V. sagt: „Les fascinages offrent des ressources „d'un autre genre, dont l'expérience a constaté les „avantages; et on sait, qu'ils fournissent un des „moyens les plus efficaces et les moins coûteux pour „consolider les fonds des rivières, et les rendre in„attaquables par les courants les plus rapides." Um so weniger halten wir für überflüssig, was wir oben hierüber gesagt haben. Was der V. De la manière de sonder le terrain sagt, dürfen wir hier übergehen, weil man davon in Teutschland bessere Kenntniß hat als in Frankreich.

Chap. II. Des operations préliminaires de la fondation des ponts, p. 195 — 248. *Sect. I. Du déblai des terres*, p. 195 — 203. Auch dieser Abschnitt hätte

ohne allen Nachtheil für das Werk selbst und für den Leser wegbleiben dürfen. *Sect. II. Des échafauds pour l'exécution des fondations*, p. 204—205, ist wieder sehr unbedeutend. *Sect. III. Du draguage et du régalage*, p. 206—213. In vielen Fällen ist es, wie man vorhin schon gesehen hat, sehr wichtig, bequeme Werkzeuge zu haben, welche Sand, Sumpf u. dgl. wegzuschaffen dienen. Bey geringen Wassertiefen sind Schaufeln, Spathen, Handschöpfer mit langen etwas beugsamen Helmen (Stielen), sechsachtzinkige Gabeln, die mit ihren Helmen rechte Winkel machen u. s. w. nicht nur brauchbare sondern vollkommen genügende Werkzeuge. Zur Anwendung großer Kräfte hält der V. die Reinigungsmaschine, deren man sich zur Reinigung der Häfen von Venedig bedient hat, für die besten (s. *Traité élémentaire de machines par M. Hachette* p. 249.) aber für Sandboden sey sie nicht brauchbar; so verhalte es sich auch mit manchen andern Angaben. Er giebt hierauf eine Beschreibung einer Reinigungsmaschine, die jetzt allgemein gebraucht werde. Sie hat sehr große Aehnlichkeit mit der Kastenkunst (eine mit Kästen oder Eimern verbundene Kette ohne Ende) die man in älteren Schriften unter den Wasserhebungsmaschinen beschrieben findet; nur daß statt der Kasten kufenförmige Gefäße von Eisenblech angebracht sind. Die übrigen besonderen Vorrichtungen bey dieser Maschine können ohne Zeichnung nicht deutlich angegeben werden. Dasselbe ist der Fall mit anderen noch beigefügten Angaben. Der V. bezieht sich auf mehrere Schriften

z. B. les Oeuvres de Perronet, tome II.; la description du pont de Moulins par M. de Regemortes; Description des travaux hydrauliques de *Cessart* tome II. Es ist aber auch nicht schwer, für sich in vorkommenden Fällen auf zweckdienliche Einrichtungen zu denken. *Sect. IV. Des batardeaux.* Die Abdammung des äusseren Wassers, um dann durch Ausschöpfung die Baustelle vom Wasser zu befreyen, ist in manchen Fällen eine unumgängliche Nothwendigkeit, oft aber auch das leichteste Mittel zum Zweck zu gelangen. Es versteht sich, daß Abdammungen mittelst verpfählter Wände nur in Flußbetten anwendbar sind, welche das Einrammen der Pfähle gestatten. Der V. geht von den einfachsten Fällen aus, wo die ganz bekannten Mittel angegeben werden. Gewöhnlich gebe man der Verdammung zwischen zwey hölzernen Wänden eine Dicke, welche der Tiefe des äusseren Wassers gleich sey. Dieser Satz wird dahin beschränkt werden müssen, daß dabey der mittlere Wasserstand zur Richtschnur dienen könne. Bey der Höhe müsse auf gewöhnliche Anschwellungen Rücksicht genommen werden. Bey solchen Verdammungen dürfe man immer darauf rechnen, wo der Boden aus Dammerde besteht, das Wasser 3 Meter tief, in sandigem Boden aber 2 Meter tief unter dem äusseren Wasserspiegel auszuschöpfen. In Bezug auf die Frage, ob man die Baustelle für jeden einzelnen Pfeiler abdammen, oder zwey Pfeilerstellen mit einem gemeinschaftlichen Damm umschließen solle, unterscheidet der Verfasser Brücken mit weiten Bögen von solchen

mit Bögen von geringerer Bedeutung, die etwa nicht über 15 Meter weit sind. Bey diesen würden wir nicht etwa nur zwey sondern auch 3 — 4 z. (nur nicht über $\frac{1}{3}$ von der Anzahl aller Pfeiler) mit einem einzigen Damme umschließen zu lassen gestatten, wenn man 3 — 4 mal so viel Arbeiter sowohl zur Abdammung als zur gleichzeitigen Aufführung der Pfeiler anstellen kann. Bey merklich weiteren Bögen sind wir mit dem V. der Meinung, daß jeder einzelne Pfeiler besonders umdammt werden müsse. Bey der Brücke von Orléans, welche aus 9 Korbbögen, zu 29,9 bis 32,5 Meter weit, besteht, wurden die Kosten durch die jedesmalige Umschließung zweyer Pfeilerstätten mit einem gemeinschaftlichen Damme augenscheinlich bedeutend vergrössert. Ueber Verdammung des Bodens in einem Sandbette macht der V. Bemerkungen, wie er sie oben mitgetheilt hat. Wenn er aber (p. 218) sagt, der eingelegte Dihlenboden brauche nur 0,02 Meter dick zu seyn, so ist solches wohl nur ein Druckfehler, indem diese Dihlen wenigstens 0,04 Meter dick seyn müßten. Noch einige Vorsichtsmaaßregeln übergehen wir, weil diese Anzeige schon so sehr angewachsen ist; und wir eilen aus diesem Grunde um so mehr zum Schlusse, weil wir uns auch durch den Inhalt der noch folgenden Abhandlungen dazu berechtigt glauben. *Sect. V. Des épuisements.* p. 222 — 248. Zuerst von der Grösse thierischer Kräfte. Der V. begnügt sich mit dem Satze, daß ein Arbeiter bey 8 stündiger Tagesarbeit mittelst einer Kurbel (ohne besondere Rücksicht auf die Art

der Maschine) 155 Kubikmeter Wasser ohne Erschöpfung seiner Kräfte 1 Meter hoch zu erheben vermöge. Für Pferde nimmt der V. auf einen Tag 1200 Kub. Meter als das Maaß der Förderung an, die Förderungshöhe wie vorhin zu 1 Meter gerechnet. Von den unterschlächtigen Wasserrädern sagt der V.: „On „sait que la force depensée pour donner le mouve„ment à une roue à palettes est réprésentée avec une „ exactitude suffisante par la surface de l'aube, multi„pliée par la vîtesse du courant et par la hauteur due „à cette vîtesse; plusieurs expériences, et particu„lièrement celles de Sméaton, ont appris que les deux „tiers de cette force étaient consommés inutilement „par la résistance de la roue, et qu'un tiers seulement „était transmis à l'arbre. On aura donc avec assez „d'exactitude la quantité d'action produite par une roue „de cette espèce, en prénant le tiers de celle fournie „par l'eau employée à la faire mouvoir "!!! Unter der Ueberschrift *du baquetage* erklärt er sich mit Recht gegen die Benutzung menschlicher Kräfte zur Wasserförderung durch Schaufeln. Ueber den Effekt der archimedischen Schnecke theilt er 3 nahe zusammenstimmende Erfahrungen mit. Die, welche bey der Brücke von Orléans gebraucht wurde, war 2,6 Meter lang, ihr äusserer Durchmesser betrug 0,40 Meter und ihre gewöhnliche Neigung 33 Grade; die Förderungshöhe war 1,14 Meter, die Kurbelhöhe 0,32 Meter. Die Tagesarbeit betrug 8 Stunden, und in dieser Zeit förderte ein Arbeiter 84 Kub. Meter (statt 155) auf die reducirte Höhe von 1 Meter. Der V. sagt

ganz richtig, man verspreche sich gewöhnlich zu viel von dieser Maschine. Von dem Schöpfrade, welches bey der Brücke von Orléans gebraucht wurde, macht der V. viel Rühmens. „Cependant, sagt er am „Ende, l'usage en a été abandonné au pont d'Orléans, „parceque ces roues ne pouvant élever l'eau à la hau„teur de leur centre, doivent être fort grandes et par „conséquent fort pesantes et d'un transport difficile." Von den Schaufelwerken urtheilt er nach mitgetheilten Beobachtungen nicht günstig, und nicht viel günstiger von den lothrechten Scheibenpaternosterwerken, deren Effekt man immer zu groß angebe. Unter den Nachtheilen, die mit dieser Maschine verbunden seyen, nennt er auch die, daß sie durch die mit dem Wasser aufgenommenen fremden Körper sehr häufig ins Stocken kommen, womit Zeitverlust oft auch Brüche verbunden seyen, und daß man in Bezug auf Höhe des Ausgusses nicht ab- und zuthun könne (welches doch durch eine aufgesetzte etwas weite hölzerne Röhre mit mehreren unter einander liegenden Ausgußöffnungen allerdings geschehen kann), auch daß sie nicht nahe genug am Boden das Wasser schöpfen. Läßt man das nieder gehende Kettenstück (wie das aufwärts gehende) durch eine Röhre gehen, und werden beide Röhren mit dem unteren Ende in den Deckel eines gemeinschaftlichen durchaus verschlossenen Kastens befestigt, der wie ein Seiher in den Wänden durchlocht ist, so kann dem erwähnten Stocken vorgebeugt werden. Die gemeinen Pumpen hält der V. für die brauchbarste Wasserhebungsmaschine beim Brückenbau;

er bestimmt ihren Effekt für die Ausübung so, daß ein Arbeiter durch sie täglich (d. h. in 8 Stunden) 80 Kub. Meter Wasser auf eine Höhe von 1 Meter erhebe. Noch fügt er einige Berechnungen in Bezug auf ein unterschlächtiges Rad bey und Vergleichungen mit dem Effekt, den die Beobachtung gegeben habe; er scheint sich aber in die Maschinenlehre nie sehr vertieft zu haben. Alles was er über Maschinen sagt, ist blos empirisch und höchst oberflächlich. Bey der grossen Menge von Zeichnungen in seinem Werke, die sehr hätte vermindert werden können, hat er es nicht der Mühe werth geachtet, von irgend einer Maschine eine Zeichnung beizufügen. Der Schluß dieses Kapitels scheint hierüber eine Art von Rechtfertigung zu enthalten: „D'après l'exemple des derniers ponts „*construits en France*, il paroit que la méthode des „caissons, ou d'autres procédés analogues, seront „désormais généralement adoptés pour la fondation „des grands édifices de ce genre. On n'aura donc plus „d'épuisements bien considérables à faire, et par con„séquent plus d'occasions d'employer les machines „mues par le courant, qui, dans ce cas, seraient les „plus avantageuses de toutes."

Chap. III. Des opérations qui ont lieu dans la fondation des ponts. p. 249 — 306. *Sect. I. Du pilotage.* p. 249 — 265. Der V. meint, die aus Erfahrungen hergenommene Bemerkung, daß der Druck oft ähnliche und sogar noch grössere Wirkungen hervorbringen könne, als der Stoß, habe zu dem Gedanken Anlaß gegeben, daß man Druck und

Stoß

Stoß ins Gleichgewicht bringen könne, und der Zusatz, en compensant la masse par vitesse verräth, daß er selbst in diesem Punkte nicht recht wußte, wo er zu Hause war. Bey zwey in Bewegung befindlichen Körpern läßt sich eine Kompensirung anwenden, aber welche Größe von Masse deren Geschw. = o ist oder die sich in Ruhe befindet soll denn die Wirkung einer in Bewegung gesetzten Masse ersetzen? Eine solche Masse müßte unendlich groß seyn, folglich kann keine Erfahrung ein solches Gleichgewicht zwischen Druck und Stoß gelehrt haben. Ein solches Gleichgewicht ist, endliche Massen vorausgesetzt, unmöglich, und nur Unkundige, denen wissenschaftliche mechanische Kenntnisse fehlten, konnten an ein solches Gleichgewicht denken. Zwar läßt sich aus der Grösse des Stosses auch Grösse des Drucks unter bestimmten Bedingungen ableiten, aber nur aus wissenschaftlichen Gründen, die dem nothwendig fremd seyn müssen, der an ein Gleichgewicht zwischen Druck und Stoß denkt. Ein Pfahl kann z. B. mit einem Rammklotz von 12 Zentnern so eingetrieben seyn, daß er gerade 100 Zentner zu tragen vermögte. Hieraus folgt aber nicht, daß der Wirkung des letzten Schlags oder auch die Summe der Wirkungen aller empfangenen Schläge mit dem Druck von 100 Zentnern im Gleichgewicht sey. Jeder einzelne Schlag macht unermeßlich mehr Eindrücke als der Druck von 100 Zentnern, und, Wirkungen der Elasticität und Beugsamkeit bey Seite gesetzt, müßte der eingetriebene Pfahl bey einem hinzukom-

menden neuen Schlage aufs neue tiefer sinken. Um wie viel er tiefer sinken wird, das hängt von der Grösse des Widerstandes ab, welchen der Pfahl seiner Bewegung entgegengesetzt, oder von der Grösse des Drucks, welcher mit diesem Widerstande im Gleichgewicht ist; es muß daher umgekehrt nach den Grundgesetzen der Mechanik aus der beobachteten Tiefe des Sinkens bey einem Schlage auch die Grösse des Widerstandes (oder des ihm gleichen Drucks) abgeleitet werden können. Dieser Widerstand ist also nicht der Wirkung des Stosses gleich, sondern er ist eine verzögernde Kraft, der die unermeßliche Anzahl von Eindrücken, welche der Stoß dem Pfahl mittheilte, dadurch in einer endlichen Zeit (sey sie auch der millionste Theil einer Terzie) wieder aufhebt, daß sie eine bestimmte Anzahl von Eindrücken, welche sie dem Pfahl, seiner Bewegung entgegen mittheilt, unzähligemal wiederholt. Man begreift hieraus, daß nicht der einfache Widerstand des Pfahls sondern nur ein unermeßlich Vielfaches dieses Widerstandes als Aequivalent des Stosses angesehen werden kann. Aber wissenschaftliche Kenntniß der hierbey eintretenden Verhältnisse setzt uns in den Stand, jene Nebenwirkungen der Elasticität und Beugung bey Seite gesetzt, aus dem wirklichen Erfolg der Bewegung (oder des Eindringens) auch die Grösse des einfachen Widerstandes abzuleiten. Der V. vermischt Wahres mit Falschem hier so, daß wir noch sehr vieles zur Läuterung seines Vortrags zu sagen hätten, wenn uns nicht der Raum beschränkte. Unter

der Ueberschrift: *du battage des pieux et des palplanches* findet man bekannte Bemerkungen über Dicke der Pfähle (der V. redet immer nur von eichenen) und Dicke und Breite der Dammplanken, Gewicht der Rammbäre, Anzahl der Arbeiter, Anzahl nach einander folgender Schläge und von der Verschiedenheit der Wirkungen der Kunstrammen und der Zugrammen. Der V. hält es anfänglich unbedingt mit ersteren. Weiterhin sagt er, man müsse in den einzelnen Fällen Versuche über den Vorzug der einen vor der andern entscheiden lassen. Am Ende setzt er hinzu: „On fait que dans beaucoup de cas il peut être „avantageux, comme quelques constructeurs le recom„mendent, de commencer le battage des pieux avec la „sonnette à tirande, et de la terminer avec celle à déclit." Der V. hat die besonderen Vortheile der Zugrammen nicht ins gehörige Licht gesetzt, sondern nur einige Vorzüge der Kunstrammen vor jenen angegeben. Eine sorgfältige Vergleichung spricht im Allgemeinen ohne Widerrede für die Zugrammen, und es tritt nur höchstselten der Fall ein, wo man den Gebrauch der Kunstrammen vorzuziehen veranlaßt werden könnte. Zum Schlusse wird noch vom Abschneiden der Pfähle unter dem Wasser und vom gänzlichen Ausziehen derselben geredet, besonders in Bezug auf die *Description des travaux hydrauliques de M. de Cessart* und auf den *Traité élémentaire des machines p. M. Hachette.* Es folgt jetzt *Sect. II. Des enrochements* p. 271—286. *Des enrochements en pierre sèche* p. 271—276. Der V. denkt sich auf horizon-

talem Boden ein Parallelepipedum, gegen dessen vordere lothrechte Wandfläche der Strohm senkrecht gerichtet ist; die Grundlinie dieses Reklangels setzt er $= a$, seine Höhe $= c$, die Abmessung des Parallelepip. nach der Richtung des Strohms $= b$, die der Geschw. des Wassers zugehörige Höhe $= H$, die spec. Schwere des Körpers $= 1 + \Pi$, die des Wassers $= 1$ gesetzt, und hiernach sagt er, sey für das Gleichgewicht des Wasserstosses mit dem Gewicht der Masse $\frac{1}{2} c . Hac = \frac{1}{2} b . \Pi abc$, also $\frac{b^2}{c} = \frac{H}{\Pi}$. Man sieht, daß er bey dieser Bestimmung für die Bedingung des Gleichgewichts die wälzende Bewegung vor Augen gehabt hat, welche auf der Gleichheit der statischen Momente beruht. Für diese bleibt also nur zu fürchten, solange nicht $b > \sqrt{\frac{c . H}{\Pi}}$ ist. Er hätte aber auch auf die Möglichkeit einer Fortschiebenden Bewegung Rücksicht nehmen sollen. Für diese wird die Bedingung des Gleichgewichts durch $Hac = \mu . \Pi abc$ ausgedruckt, wenn μ der Reibungskoefficient ausdruckt; also $b = \frac{H}{\mu \Pi}$, wo also noch Bewegung zu fürchten bleibt, solange nicht $b > \frac{H}{\mu \Pi}$ ist. Ist also $\frac{H}{\mu \Pi} > \sqrt{\frac{cH}{\Pi}}$, oder $H > \mu^2 \Pi c$ so ist die Verschiebung noch mehr zu fürchten als die Wälzung. Diese Bestimmungen sind für die Ausübung von Wichtigkeit. Wegen μ muß man erwägen, daß die Steine oft ein sehr schlüpfriges Lager haben, oft auf abgerundeten Steinen aufliegen; man thut daher wohl, wenn man μ nicht größer als 0,25 oder $\frac{1}{4}$ an-

nimmt. Die Werthe von Π sind sehr verschieden, so daß man dafür 1,2 und 1,7 als Gränzen festsetzen kann. Zur Sicherheit wird man also festsetzen dürfen, daß die Gefahr des Verschiebens größer als die des Fortwälzens ist, wenn $H > \frac{1}{10} . 1{,}2 . c$ oder $> 0{,}075 . c$ oder auch $c < 13{,}3 . H$ ist. Hat das Wasser z. B. eine Geschw. von 3′, so findet man $13{,}3 . H = 2'$; es würde also in einem solchen Flusse die Gefahr des Fortschiebens noch mehr als die des Fortwälzens zu fürchten seyn, so lange c oder die Höhe des parallelepip. Steins $< 2'$ wäre. Die wirkliche Gefahr des Verschiebens bleibt aber nur, solange $b < \frac{H}{\mu \Pi}$ ist; setzen wir für diese Bestimmungen zur Sicherheit $\mu = \frac{1}{3}$ und $\Pi = 1{,}7$; so bleibt Gefahr, solange $b < \frac{H}{0{,}57}$ oder $< 1{,}07 . H$ ist, also, bey 3′ Geschwindigkeit, solange $b < 0{,}167$ oder $< 2''$ wäre. Ueberhaupt bleibt in Bezug auf noch nicht abgerundete Steine die Gefahr des Verschiebens, welche der V. gar nicht erwogen hat, allemal größer als die der Fortwälzens, zumal wenn dabey noch erwogen wird, daß dabey allemal $b > c$ in Rechnung kommen muß, weil für einen Stein, für welchen zuerst $c > b$ wäre, gleich nach der ersten Umwälzung $b > c$ werden müßte. Nunmehr auch **des enrochements en béton.** Der V. handelt hier vom Kalk und von den Forderungen zu einem guten Mörtel unter Wasser, die man auch in Teutschland recht gut kennt. *Sect. III. Des fascinages*, p. 287—289. Diese Bauart kennt man in Teutschland besser als in

Frankreich. *Sect IV. Des grillages et plate-formes, et de basses palées*, p. 289—293. Von der Einfaſſung der oberen Pfahlenden mit aufgezapften Bundbalken (Deckbalken, Saumſchwellen, Petten, Kronhölzern) der Verbindung dieſer Bundbalken mit Riegelhölzern, Auflegung beſonderer Röſte und der Belegung mit Dihlen. *Sect. V.* p. 293—306. *Des caissons*, wo noch einige praktiſche Bemerkungen nachgeholt werden; zuletzt noch *Note I.* Sur la vitesse necessaire à l'eau pour entraîner différentes matières, welche Beobachtungen von Dubuat enthalten; und *Note II.* Einige Bemerkungen Sur le transport des gros blocs de pierres qui servent dans les enrochements à la mer. *Chap. IV. De la construction des parties supérieures*, p. 307—330. Insbeſondere Du levages des cintres et des travées des ponts de charpentes. Du service de la maçonnerie pour les piédroits et pour les voûtes. De la construction des piédroits. De la construction des voûtes. De la construction des perrés (der Bekleidungsmauern an den Ufern). *Chap. V.* Des prix des ouvrages servent à la construction des ponts, d'après la quantité de matériaux et la main-d'oeuvres qu'ils exigent, p. 331—396. Wer den Brückenbau kennt, muß die mannigfaltigen dazu erforderlichen Materien, die Anzahl ihrer einzelnen Theile mit den ihnen angemeſſenen Abmeſſungen, die Löhne der Handwerker, Taglöhner und Fuhrleute, und die Koſten der Materialien kennen. In Bezug auf noch ungewiſſe Beſtimmungen (z. B. Menge und Stärke der Pfähle, Koſten der

Wasserförderung u. dgl.) muß er mißgünstige Zufälle zum Grunde legen, und bey dem allem am Ende den Anschlag noch um $\frac{1}{10}$ vergrößern. Dieses ist alles, was wir hier im Allgemeinen hierüber sagen zu können glauben. Ueberdas sind nun aber die beym Brückenbau sich vereinigenden Umstände so mannigfaltig, und Preise der Materialien und der Löhne so verschieden, daß wir dieses letzte Kapitel umsomehr ganz übergehen zu können glauben, als sich solches nicht wohl in einem kurzen Auszuge mittheilen läßt, und die vorliegende Anzeige ohnehin schon die diesen Blättern vorgezeichnete Gränze überschreitet.

Zum Schlusse müssen wir nur noch auf das sehr voluminöse Ansehen dieses Werks aufmerksam machen. Es besteht aus 2 Bänden in gr. 4., die ohne Vorrede und Inhalt 795 Seiten enthalten. Hiervon enthalten 172 Seiten blos Erwähnungen vorhandener Brücken und 65 Seiten des letzten Kapitels Ueberschläge, die zu nichts dienen; ziehen wir nun 237 Seiten von 795 ab, so bleiben noch 558 Quartseiten übrig. Wir wollen mit Gelindigkeit nur 38 Seiten für unnütze spekulative Theorien abrechnen, so bleiben noch 520 Quartseiten übrig. Wir haben uns die Mühe genommen, eine genaue Vergleichung zwischen diesen Quartseiten uud den Seiten eines uns gerade zur Hand liegenden teutschen Buchs in 8. anzustellen, und haben gefunden, daß 10 Seiten des letzteren schon soviel Lettern enthalten als 11 in ersterem, daß also jene 520 Quartseiten nur für

$\frac{11}{11}$. 520 d. i. für 473 solcher Oktavseiten gerechnet werden können. Wer französische Schriften der Art mit Werken gründlicher teutscher Schriftsteller jemals verglichen hat oder noch vergleichen will, wird immer zugestehen müssen, daß der Franzose auf 5 Seiten kaum soviel sagt, als der Teutsche auf 4. So wird also jenes voluminöse Werk auf $\frac{4}{5}$. 473 oder beyläufig auf einen Oktavband von 378 Seiten reducirt. Dabey ist obendrein falsche Münze noch als gutes Geld mitgezählt worden — um des Guten willen, was das Werk deductis deducendis enthält, wozu insbesondere die vielen trefflichen Kupfer gehören.

Schlußanmerkung.

Von der Wichtigkeit des Daseyns wohlgebauter Straßen und Brücken habe ich in diesem Werke hin und wider gesprochen; es sey mir nun am Schlusse desselben erlaubt, auch einige Worte über die Wichtigkeit der ihrem und überhaupt dem Daseyn aller öffentlichen grossen Bauten vorangehenden Arbeiten nachzuholen. Welcher edle Fürst, welcher Menschenfreund überhaupt wird nicht gerne Worten, für Leidende gesprochen, auf einige Augenblicke sein Ohr leihen? Noch seufzt die Hälfte der Menschen in Europa unter dem Druck der Armuth und der Noth, welche ungeheure Heeresmassen begannen und Fluthen und Mißwachs in dieser letzten Zeit vollendeten, wo, wenn es auch nicht an Nahrungsmitteln fehlt, doch die Preiße zu einer Höhe gestiegen sind, welche theils die Kräfte der Mehrzahl von Menschen übersteigt, theils die Armuth immer mehr verbreitet und unzählige vollends zu Grunde richtet. Gewiß kann kein Staat ein glücklich gebildeter Staat genennt werden, in welchem die unter Dürftigkeit, Armuth und Kum-

mer seufzende Klasse einen bedeutenden Theil der Volksmenge ausmacht, indeß eine große Anzahl von Bewohnern nur darin Druck findet, daß sein jährlicher Ueberfluß, der dem Kapitalvermögen wieder zufällt und solches alljährlich vergrössert, etwas minder groß ausfällt, als es in günstigeren Zeiten der Fall seyn würde. Der höchste Staatszweck, wie ihn Vernunft, reines menschliches Gefühl und die reinste d. h. die christliche Moral vorschreiben, ist in einem Staate Beglückung der Einzelnen, um das Ganze zu einer möglichst glücklichen Gesellschaft zu bilden; und die Regierungskunst besteht in der Kenntniß und richtigen Anwendung der Mittel, die zu diesem Ziele führen. Dasjenige Abgabesystem ist das vollkommenste, welches diesem Ziele am nächsten führt, und das Land ist das glücklichste, wo jener höchste Staatszweck am vollkommensten erreicht wird. Es giebt wohl in Teutschland keinen grösseren oder kleineren Staat, der nicht in dieser Hinsicht glücklich seyn könnte, wenn der Reiche nach seinen Kräften die allgemeine Last so tragen zu helfen gewohnt wäre, daß ein Theil seines jährlichen Ueberflusses der Minderung des Elendes der ärmeren Klasse zu statten käme, und dabey berücksichtigt würde, was eigentlich für die ärmere Klasse drückend wird. Wenn z. B. in einem von der Natur gesegneten Lande die Summe der jährlichen Abgaben zu gleichen Theilen unter sämmtliche Bewohner vertheilt ¼ fl. für den Kopf betrüge, so könnte jene Summe für das Land nur in den Klagen der ärmeren Klasse drückend erschei-

nen, wenn sie nicht nach Verhältniß der Kräfte vertheilt ist, welche tragen helfen. Man denke sich einen Hausvater, der für 20000 Gulden liegende Gründe besitze, dabey aber 10000 fl. Kapitalschulden habe, wovon er 500 fl. Zinsen entrichte, so muß er im Grunde (die 500 fl. als Steuer betrachtet) mehr als für 60000 fl. Güter versteuern, da hingegen ein Kapitalist von 100000 fl., wo keine Kapitalsteuer statt hat, frey durchgeht. Ein Hausvater, der für 200000 fl. liegende Gründe besitzt, zahlt nicht mehr bey seinem jährlichen Ueberflusse, als 50 Hausväter, wovon Jeder für 4000 fl. Güter hat, die halb verschuldet sind und keinen ihrer Eigenthümer nur halb ernähren. Nur hierdurch erscheinen Abgaben drückend, die ihrer Summe nach den Staatsausgaben völlig angemessen und für das gesammte Tragvermögen keineswegs zu groß genennt werden können. Dazu kommen manche Abgaben, die den Reichen und dem Aermeren in gleichem Maaße, ja oft den Aermeren noch mehr treffen als den Reichen. Ein hierher gehöriges Objekt ist das Salz. Ein Hausvater aus der ärmeren Klasse kann eben so viel, kann mehr Salz brauchen, als ein Reicher. Gewöhnlich wird der Salzhandel als eine Quelle mit zur Füllung der Staatskasse angesehen, und der allmälig zu einer sonst nie erhört gewesenen Höhe gestiegene Preiß des Salzes läßt sich als zweitheilig betrachten. Der eine Theil ist derjenige, welcher die Staatskasse für die darauf verwendeten Kosten schadlos hält; der andere ist eine darauf haftende Abgabe, die als reine Reve-

nüe in die Staatskasse fließt. Zu dieser Revenüe muß also, bey einem der ersten Bedürfnisse des Menschen, die ärmere Volksklasse mehr beitragen als die reichere! Aber diese Art des Drucks verschwindet in Vergleichung mit einem andern, der die Noth der ärmern Klasse bis zur Verzweiflung steigert, ohne daß die Staatskasse dabey gewinnt, und dieses bey dem nothwendigsten aller Bedürfnisse, beim Brode. Eine ärmere Familie, die jährlich 12 — 15 fl. zur Staatskasse bezahlt, und täglich 8 Pf. Brod bedarf, wird mit Staatsbewilligung vom Becker allein im Jahre um 15 Gulden betrogen, wenn diesem gestattet wird, das Pf. Brod im Durchschnitt um nur 1 ½ Pfennige theurer zu verkaufen, als Recht ist. So wird also, durch polizeyliches Versehen, der Arme zu einer höchst unerlaubten Abgabe an den Becker gezwungen, die eben so groß und oft grösser ist, als die rechtmäßige Abgabe zur Staatskasse, zumal wenn der Becker bey den 8 Pfunden im Durchschnitt auch nur um ½ Pf. am Gewicht betrügt. (Mir selbst haben schon 12 Lothe bey 4 Pf. gefehlt!). Unter solchen Umständen zollt der Arme gerade in der bedrängtesten Zeit über 20 fl. im Jahre an den Becker, indeß die Staatskasse nur 12—15 ja oft nur 5—6 fl. an ihn fordert. Solche Quellen des Elendes wären doch wohl noch zu hemmen? Und sie müßten um so mehr gehemmt werden, weil sie zugleich Quellen der Klagen werden, die der ärmere Theil des Volks kummervoll zum Himmel schickt. Minderer Anspruch auf den Beutel

des Armen, höherer an den des Reichen, Berücksichtigung der Art des Bedürfnisses (z. B. des Salzes) und ein sorgsamer wachendes Auge der Policey auf den Wucher der Becker — wie viel könnten solche Mittel schon zur Verminderung des Leidens, Kummers und Elendes bewirken!

Aber warum hiervon in einer Anleitung zum Straßen- und Brückenbau? gerade darum, weil ich eine Volksschrift zu solchen Aeußerungen nicht für geeignet halte, und weil ich der Meinung bin, daß ausserdem auch noch auf eine positive Weise etwas für die ärmere Klasse geschehen müsse. Man muß den Dürftigeren Wege eröffnen, auf welchen sie durch den Gebrauch ihrer Kräfte, durch ihrer Hände Arbeit wenigstens nothdürftig ihr Brod zu verdienen im Stande sind. Offenbar ergeben sich aber solche Wege am sichersten und zweckmäßigsten durch öffentliche Bauten aller Art, die selbst wieder theils nützliches Eigenthum des Staates werden, theils den Staatsbewohnern mannigfaltige mittelbare und unmittelbare Vortheile gewähren. Dahin gehören nun neben dem Strohm- und Kanalbau auch der Straßen- und Brückenbau. Hiermit wird die Zirkulirung der Geldmasse vom Ueberflusse der Reichen und dem zur Noth (d. h. bey guter Haushaltung) Entbehrlichen der Mittelklasse durch die zwischenliegende Staatskasse in die Hände der Aermeren befördert, das Volk beim steeten Genusse freyer Luft in Thätigkeit und

Kraft erhalten und zugleich neue Vortheile für den Staat und für die Einzelne gewonnen. Und so steht diese Schlußanmerkung im engsten Zusammenhange mit den Gegenständen dieses Werks. Möge der Himmel diesen meinen letzten Worten Seegen und Gedeihen geben! Seegen dem Fürsten der auf sie achtet!

Schriften zum Brückenbau sind in der Anleitung selbst gelegenheitlich genannt worden. Hier verdienen noch bemerkt zu werden:

Recueil de divers mémoires extraits de la bibliothèque des ponts et chaussées. Publié par P. C. Lesage à Paris 1806 und 1808. 2 Bände in gr. 4.

Walter's theoretisch - praktische Anweisung zur Brückenbaukunde. Herausgegeben von Mayer. Augsb. u. Leipz. (1816) in Fol. mit 34 Kupfertafeln.

Speyer, gedruckt mit Kolb'schen Schriften.

Anzeiger zu den Kupfern.

I. Zum Straßenbau.

Fig. 1 . . . 14. Tab. I.
Fig. 15 . . . 21. Tab. II.
Fig. 22 . . . 29. Tab. III.

Das Nivelliren.

Fig. 1 . . . 20. Tab. IV.

II. Zum Brückenbau.

Fig. 1 . . . 11. Tab. I.
Fig. 12 . . . 17. Tab. II.
Fig. 18 . . . Tab. III.
Fig. 19 . . . Tab. II.
Fig. 20 und 21. Tab. IV.
Fig. 22 und 23. Tab. II.
Fig. 24 . . . 27. Tab. III.
Fig. 28 . . . Tab. V.
Fig 28 * in der 3ten Tafel zum Strassenbau.
Fig. 29 . . . 31. Tab. III.
Fig. 32 . . . 37. Tab. IV.
Fig. 38 . . . 40. Tab. V.
Fig. 41 . . . 53. Tab. VI.
Fig. 54 . . . 58. Tab. VII.
Fig. 7 ** f. Tab. II.
Fig. 59 . 70 Tab. VIII.
Fig. 71 . 76 Tab. IX.
Fig. 81 . Tab. XIII.
Fig. 82 . Tab. X.
Fig. 83 u. 84 Tab. XIII.
Fig. 84 * . 87 Tab. XV.
Fig. 88 u. 89 Tab. X.
Fig. 89 * . 94 Tab. XI.
Fig. 95 . 97 Tab. XII.
Zu §. 136 am Ende gehört Tab. XIV.
Fig. 98 I . V. Tab. XVI.
Zu §. 70 gehört Tab. XVII.
Zum XI. Kap. Tab. XIV.
Zum XII. Kap. Tab. XVIII.

Die Figuren Nro. I — V zu §. 147. findet man Tab. XIV.

Digitized by Google

Digitized by Google